AGRONOMIA e CLIMATOLOGIA AGRÍCOLA

ORGANIZADOR

RIGOBERTO MOREIRA DE MATOS

Editora Poisson

VOLUME 1

Rigoberto Moreira de Matos
(Organizador)

Agronomia e climatologia agrícola

Volume 1

1ª Edição

Belo Horizonte

Editora Poisson

2025

Editor Chefe: Dr. Darly Fernando Andrade

Conselho Editorial

Dr. Antônio Artur de Souza – Universidade Federal de Minas Gerais
Ms. Davilson Eduardo Andrade
Dra. Elizângela de Jesus Oliveira – Universidade Federal do Amazonas
MSc. Fabiane dos Santos
Dr. José Eduardo Ferreira Lopes – Universidade Federal de Uberlândia
Dr. Luiz Cláudio de Lima – Universidade FUMEC
Dr. Nelson Ferreira Filho – Faculdades Kennedy
Dr. Otaviano Francisco Neves – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Dra. Suelânia Cristina Gonzaga de Figueiredo
Ms. Valdiney Alves de Oliveira – Universidade Federal de Uberlândia

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

A287c

Agronomia e climatologia agrícola-Volume 1
Organização: Rigoberto Moreira de Matos
Belo Horizonte - MG: Editora Poisson, 2025

Formato: PDF
ISBN: 978-65-5866-474-1
DOI: 10.36229/978-65-5866-474-1

Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia

1. Agricultura 2. Meio Ambiente
3. Irrigação 4. Ciências Agrárias I. MATOS,
Rigoberto Moreira de II. Título.

CDD-631.5

Sônia Márcia Soares de Moura – CRB 6/1896

O conteúdo deste livro está licenciado sob a Licença de Atribuição Creative Commons 4.0.
Com ela é permitido compartilhar o livro, devendo ser dado o devido crédito, não podendo ser utilizado para fins comerciais e nem ser alterado.

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

Esse e outros títulos podem ser baixados gratuitamente em www.poisson.com.br
Entre em contato pelo contato@poisson.com.br

Organizador

Rigoberto Moreira de Matos

Bacharel em Agronomia, Licenciado em Docência, Tecnólogo em Irrigação e Drenagem, Especialista em Docência, Mestre em Engenharia Agrícola, Doutor em Engenharia Agrícola, Pós-Doutorado em Biotecnologias e Pós-doutorado em Produção Vegetal. Possui experiência como Professor no Ensino Superior e Técnico, presencial, à distância e com Metodologias Ativas de Aprendizagem. Dispõe de experiência como pesquisador científico, como: elaboração, implantação e condução de projetos de pesquisa, habilidade na escrita e publicação de artigos científicos. Conduziu ensaios experimentais em condições de campo, ambiente protegido, lisímetros de drenagem e cultivo hidropônico. Tem conhecimento sobre várias culturas, como: milho, soja, grão de bico, gergelim, feijão, palma forrageira e hortaliças. Desenvolveu pesquisas com fertirrigação; controle de plantas daninhas; águas residuárias e salinas; nutrição de plantas; eficiência de uso da água; função de produção; análise econômica; pegada hídrica; coeficiente de cultivo; exigência térmica; estádios fenológicos; temperatura basal; composição mineral e balanço hídrico. Possui habilidades no manuseio de vários equipamentos e programas, como: sonda FDR, data logger, estação automática, tanque classe A, tensiômetros, planilhas eletrônicas e programas estatísticos.

Prefácio

A agronomia, uma ciência direcionada na produção agrícola, visa maximizar a utilização dos recursos naturais e aumentar a produtividade das culturas. Por outro lado, a climatologia agrícola analisa o impacto das condições climáticas na agricultura, fundamental para o planejamento e gestão das atividades no campo.

Com o progresso tecnológico, esses campos tornaram-se cruciais para antecipar fenômenos climáticos, tais como escassez de chuvas e déficit hídrico, além de apoiar a implementação de métodos agrícolas mais eficazes e sustentáveis. Este livro investiga atividades práticas entre essas duas áreas do saber, proporcionando um entendimento das adversidades e possibilidades para a agricultura em face das alterações climáticas, incentivando práticas mais resilientes.

Ao tratar de alguns estudos envolvendo a agronomia e climatologia agrícola, este livro visa oferecer ao leitor uma compreensão mais detalhada dos componentes técnicos e científicos presentes nestes campos, enfatizando também a importância de se ajustar às circunstâncias locais e buscar soluções que harmonizem a produtividade com a preservação ambiental na região.

Reunimos neste livro uma coletânea de vários estudos referentes ao cultivo de soja, ainda, abordamos análises sobre as condições hídricas, climáticas e aptidão de algumas culturas conforme as condições edafoclimáticas da região. Cada capítulo apresenta uma valiosa contribuição, que utiliza adequadamente temas como: culturas de soja, feijão e milho, danos e manejo do percevejo, atividades práticas no cultivo de soja e análise de como as condições hídricas e climáticas determinam a aptidão da região para o cultivo de feijão e milho.

Esta obra disserta sobre temas da agronomia e climatologia agrícola, campos essenciais para a criação de uma agricultura rentável e sustentável. A constante evolução dessas áreas, aliada à dedicação dos especialistas em agronomia e climatologia agrícola, é crucial para enfrentar os desafios contemporâneos da agricultura e do clima. Isso fomenta um equilíbrio entre a produtividade e a sustentabilidade, assegurando assim o futuro da produção de alimentos e do ecossistema.

Espero que este livro inspire produtores agrícolas e as comunidades acadêmica e científica, bem como, aqueles profissionais interessados nos temas abordados relacionados as áreas de agronomia e climatologia agrícola a pensarem sobre as questões e soluções discutidas, pois acredito que os temas abordados estimularam o diálogo, novas pesquisas e aprendizados.

SUMÁRIO

Capítulo 1: Percevejos em plantas de soja: danos e manejo 07

Rigoberto Moreira de Matos

DOI: 10.36229/978-65-5866-474-1.CAP.01

Capítulo 2: Desenvolvimento de atividades práticas relativas ao cultivo de soja 19

Rigoberto Moreira de Matos

DOI: 10.36229/978-65-5866-474-1.CAP.02

Capítulo 3: Aplicação do balanço hídrico na análise das condições hídricas do Triângulo Crajubar..... 30

Rigoberto Moreira de Matos

DOI: 10.36229/978-65-5866-474-1.CAP.03

Capítulo 4: Categorização dos tipos climáticos do Triângulo Crajubar 42

Rigoberto Moreira de Matos

DOI: 10.36229/978-65-5866-474-1.CAP.04

Capítulo 5: Déficit de água no solo é fator limitante ao cultivo de feijão e milho no Triângulo Crajubar..... 54

Rigoberto Moreira de Matos

DOI: 10.36229/978-65-5866-474-1.CAP.05

Capítulo 1

Percevejos em plantas de soja: danos e manejo

Rigoberto Moreira de Matos
https://orcid.org/0000-0003-3455-9876

Resumo: Os percevejos são um conjunto de insetos com uma ampla gama de hábitos alimentares, capazes de causar prejuízos consideráveis na produtividade de culturas agrícolas, como a soja. Há vários grupos de percevejos, que são categorizados com base em sua dieta, sendo divididos em três principais categorias: predadores, hematófagos e fitófagos. O problema: Quais os danos ocasionados pelos percevejos nas plantas de soja e seu manejo? O objetivo do trabalho foi estudar os danos ocasionados pelos percevejos nas plantas de soja e seu manejo. Trata-se de uma revisão de literatura, no qual foi realizada uma consulta a livros, dissertações e por artigos científicos selecionados através de busca nas seguintes bases de dados: Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES, sites científicos (SCIELO, Google Acadêmico, Embrapa). O período dos artigos foram os publicados nos últimos 05 anos. Os percevejos podem provocar prejuízos consideráveis na produção de soja. O prejuízo pode ocorrer de forma direta ou indireta, dependendo do período. Para prevenir danos à lavoura, é necessário implementar várias estratégias de manejo, incluindo o Manejo Integrado de Pragas (MIP), que envolve a aplicação inteligente e combinada de diversos métodos de controle, com o objetivo de diminuir as populações de percevejos a níveis que não provoquem prejuízos econômicos.

Palavras-Chave: Glycine max; inseto; oleaginosa; praga.

1. INTRODUÇÃO

Os sugadores aparecem em plantas de soja da nutrição e se estendem até o final do período reprodutivo. Os espécimes de percevejos que são mais prejudiciais à cultura da soja incluem o percevejo-verde (Nezara viridula), o percevejo-verde-pequeno (Piezodorus guildinii) e o percevejo-marrom (Euschistus heros). Os demais percevejos não prejudicam a produtividade da leguminosa. A partir do estágio de reprodução, a população de sugadores aumenta e, ao término da fase de desenvolvimento do POD (R4) e preenchimento de grãos (R5), podem atingir uma alta incidência. É exatamente neste momento que a soja é mais vulnerável a ataques de percevejos. O pico da população está próximo da maturidade fisiológica (R7). No ciclo de floração para amadurecer, a maior densidade populacional é composta por ninfas inseridas de 3° a 5° ínstar. No entanto, o dano dessas ninfas é semelhante aos ocasionados por adultos.

O percevejo da soja pode trazer muitas dores de cabeça aos produtores rurais, já que representam uma das principais ameaças à safra de soja. Isso porque a presença destas pragas pode ser responsável pela redução de qualidade e produtividade de grãos de soja. Para evitar grandes prejuízos, é necessário conhecer esse tipo de praga, entender como se desenvolvem e estar ciente das principais formas de controle. Assim, o agricultor poderá tomar decisões assertivas, e garantir mais saúde e resultados em sua produção.

Entender o ciclo de desenvolvimento do percevejo em plantas de soja pode ser fundamental na hora do controle destes insetos. O percevejo da soja pode trazer danos diretos e indiretos de qualidade e rendimento na cultura da soja. As pragas podem surgir desde a fase vegetativa até a maturação dos grãos, porém, é na fase reprodutiva que a produtividade e qualidade das sementes podem ser afetadas. A perda da produtividade em lavouras de soja pode passar de 30%, número preocupante para os produtores. Para um bom controle do percevejo da soja, o ideal é realizar monitoramento das plantas semanalmente durante a fase reprodutiva, já que é durante esse período que as perdas mais significativas podem ocorrer. No início da fase reprodutiva, deve-se realizar um monitoramento mais constante se a população de pragas for significativa.

A soja é uma oleaginosa produzida para diversos fins de consumo, tanto animal, na produção de farelos e rações, quanto humana na fabricação de óleo, leite, queijo. As famílias brasileiras dependem diretamente de empregos gerados por essa cultura, de tal maneira na produção, como no transporte e industrialização da cultura. O crescimento da produção de soja expôs esta cultura ao ataque severo de diversas pragas, entre elas o percevejo. Diante do exposto, surge a problemática: Quais os danos ocasionados pelos percevejos nas plantas de soja e seu manejo?

O objetivo geral do trabalho foi estudar os danos ocasionados pelos percevejos nas plantas de soja e o devido manejo. Já os objetivos específicos foram discorrer sobre as espécies predominantes de percevejos da soja; descrever sobre o ciclo de desenvolvimento do percevejo no cultivo de soja e os danos ocasionados; abordar sobre o controle de percevejo em cultivo de soja.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) adotou como metodologia uma Revisão de Literatura, no qual foi realizada uma consulta a livros, dissertações e por artigos científicos selecionados através de busca nas seguintes bases de dados: Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES, sites científicos (SCIELO, Google Acadêmico, Embrapa).

Os descritores utilizados na busca foram: “inseto”; “oleaginosa”; “praga”.

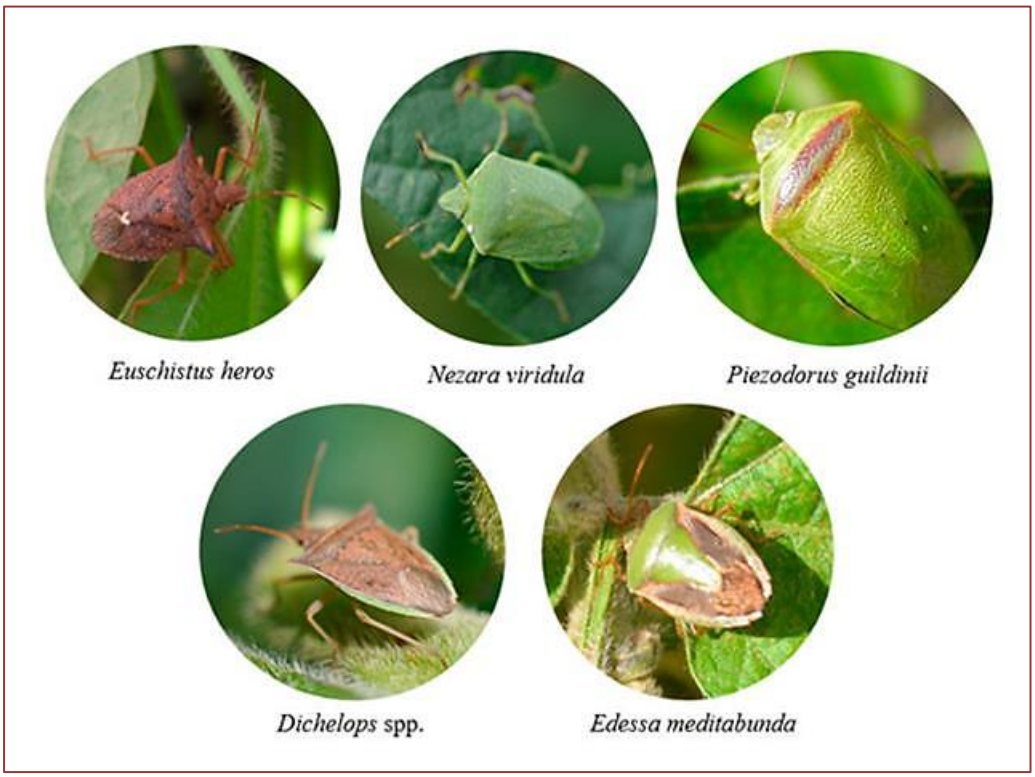
Os critérios de inclusão definidos para a seleção dos artigos foram: artigos publicados em português, inglês e espanhol; artigos na íntegra que retrate à temática proposta e indexados nos referidos bancos de dados nos últimos 05 anos. Foram considerados como critérios de exclusão, artigos de revisão que não abordem o assunto proposto, assim como textos de caráter não científico sobre o assunto.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os percevejos são um conjunto de insetos com uma ampla gama de hábitos alimentares, capazes de causar prejuízos consideráveis na produtividade de culturas agrícolas, como a soja. Há vários grupos de percevejos, que são categorizados com base em sua dieta, sendo divididos em três principais categorias: predadores, hematófagos e fitófagos. Os percevejos fitófagos causam danos a plantas de soja e se destacam por seu aparelho bucal sugador, que tem a habilidade de absorver os nutrientes dos grãos (Sangiovo; Basso, 2021).

Os percevejos-praga da soja incluem três espécies principais: o *Nezara viridula* (percevejo verde), o *Piezodorus guildinii* (percevejo verde-pequeno) e o *Euschistus heros* (percevejo marrom). Um quarto percevejo, de menor importância na soja, mas que nos últimos anos, com a safrinha de milho, vem adquirindo importância nesta cultura, é o barriga-verde (*Dichelops* sp.) e o percevejo edessa (*Edessa meditabunda*), ambos apresentados na Figura 1 (Alves, 2019).

Figura 1 - Tipos predominantes de percevejos associados à soja.



Fonte: Alves (2019).

Desde o começo do ciclo vegetativo, os percevejos podem ser encontrados nas plantas de soja. No entanto, começam a causar danos significativos à cultura durante a época de maior incidência, que coincide com o fim da fase de preenchimento das vagens (R4) e o começo do enchimento dos grãos (R5). Assim, é nessa fase que ocorre o maior dano à cultura em questão. Por consequência, o pico populacional de percevejos ocorre no estágio R7, quando a planta inicia o seu processo de maturação fisiológica. Embora estejam presentes desde os estágios iniciais das plantas, é durante a fase reprodutiva (R3 - Início da formação das vagens) que os prejuízos causados por este inseto se intensificam, resultando em redução na produtividade do cultivo e na qualidade dos grãos que são produzidos. (Paula; Bezerra, 2023).

Na produção de soja, os percevejos podem resultar em prejuízos diretos, tais como: aborto de vagens e de grãos, diminuição do tamanho, conteúdo de óleo e massa dos grãos, além da diminuição da capacidade de germinação e aptidão das sementes, o que pode resultar em fraqueza ou até mesmo na morte do embrião. Os prejuízos indiretos envolvem a propagação de enfermidades fúngicas que o percevejo dissemina à planta por meio de sua boca, além da indução de um distúrbio conhecido como “soja louca”. Este distúrbio se caracteriza pela permanência de folhas verdes nas plantas ao término do ciclo, causando desafios na colheita e diminuição da produtividade, conforme a Figura 2 (Inagaki; Boiago, 2020).

Figura 2 - Danos causados por percevejos em grãos de soja.

Fonte: Ávila et al. (2019).

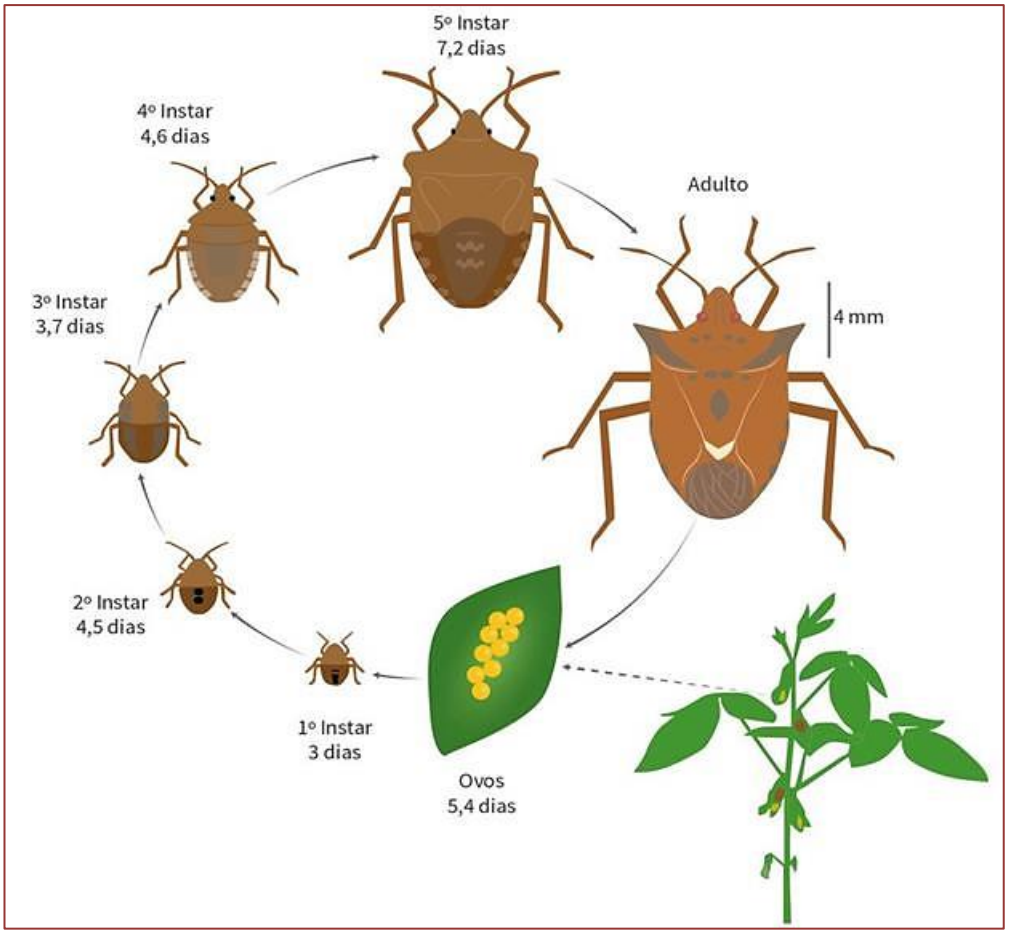
Na Figura 2, observam-se as lesões provocadas pelos percevejos nos grãos de soja, quando confrontados aos grãos normais, através de suas estruturas sugadoras, evidenciando a implicação à sanidade das plantas de soja.

Os sugadores podem causar perda de produtividade acima de 30% em lavouras de soja. Um percevejo atacando um metro quadrado acarreta em uma redução de 49 a 120

kg de grãos/ha. Essa variação de redução de grãos decorre da espécie de percevejo, do clima, fase da cultura, cultivar e sua produtividade. O consumo diário de um percevejo *E. heros* é estimado em perdas de 0,08 g/dia, para *N. viridula* é de 0,16 g/dia e para *P. guildinii* é de 0,21 g/dia. O percevejo verde-pequeno é o que causa maior nível de danos na cultura, possuindo capacidade 2,6 vezes maior que o percevejo-marrom. A causa dos danos é a maior profundidade das picadas comparado aos demais percevejos (Triunfo, 2020).

Durante o ciclo de vida (Figura 3), os percevejos atravessam três etapas: ovo, ninfa e adultos. A etapa de ninfa consiste em cinco estágios (ínstares), sendo que os prejuízos nas plantas de soja começam a ocorrer no terceiro ínstar. No estágio adulto, é quando a soja sofrerá o maior dano. De acordo com a Embrapa, o percevejo pode resultar em perdas de 20% a 30% na produtividade da soja no Brasil (Krause, 2022).

Figura 3 - Ciclo de desenvolvimento dos percevejos.



Fonte: Krause (2022).

Para controlar esta praga, o produtor deve estar atento ao tipo de percevejo, ao seu ciclo de desenvolvimento e ao seu comportamento. Somente ao compreender esse comportamento, o percevejo pode ser eliminado e prevenido em safras futuras. Com a aparição das vagens, os percevejos iniciam sua reprodução, originando as ninfas. Eles prejudicam a soja ao diminuírem a germinação e vigor das sementes, diminuindo também

os níveis de proteínas e óleos nos grãos, além de induzirem a inoculação de patógenos nas sementes (Borges, 2019).

Um exemplo disso é o percevejo-marrom (*Euschistus heros*), que causa baixo rendimento e má qualidade dos grãos, seja através das mordidas da praga ou pela infecção por patógenos. Ao serem atacadas por percevejos, as vagens podem parar de crescer ou exibir um aspecto seco e sem grãos. Quando o percevejo ataca durante a formação dos grãos, podem ocorrer manchas, deformações e o preenchimento de vagens comprometido. Se não for controlada, a presença de percevejo tende a crescer com o preenchimento dos grãos de soja. Conforme a Fundação MS, tanto as ninfas quanto os adultos do percevejo da soja se alimentam sugando a seiva das raízes das plantas, resultando em folhas murchas e amareladas até a perda completa da folhagem (Krause, 2022). Estratégias podem ser adotadas para o manejo do percevejo, a exemplo do manejo do solo e tratamento das sementes com inseticidas ou pulverização no sulco de semeadura. Neste cenário, podemos observar uma imagem que simule tal ciclo na Figura 4 (Borges, 2019).

Figura 4 - Ciclo de desenvolvimento do Percevejo-marrom (*Euschistus heros*).

Fonte: Ávila *et al.* (2019).

No caso do percevejo-marrom (*Euschistus heros*) na soja, os insetos iniciam a colonização no final do período vegetativo ou em seguida à floração. Já no caso do percevejo barriga-verde, a fase crítica de dano deste percevejo vai da semeadura à fase V5 (Krause, 2022).

Para controlar o percevejo, é preciso entender como ele se comporta ao longo do ciclo da soja, desde a etapa de reprodução até estágios mais avançados, em que pode haver maior comprometimento do cultivo. O estágio reprodutivo é crucial, pois o dano é direto na produtividade e na qualidade dos grãos. Desde o enchimento dos grãos, a população tende a aumentar deixando a cultura mais vulnerável ao ataque (Figura 5) (Ávila *et al*., 2019).

Figura 5 - Ciclo de desenvolvimento do Percevejo-verde-pequeno (*Piezodorus guildinii*).

Fonte: Ávila *et al.* (2019).

O percevejo-verde-pequeno (*Piezodorus guildinii*) está presente em todas as regiões produtoras de soja do Brasil. Os adultos apresentam coloração verde clara e possuem uma listra transversal marrom-avermelhada na parte dorsal do tórax, próximo a cabeça. Em condições favoráveis, podem viver em média 100 dias. As fêmeas depositam os ovos preferencialmente nas vagens, dispostos em duas fileiras, com 12 a 18 ovos de coloração escura, em média. Essa praga pode completar até três gerações na cultura da soja e, quando se desloca para as culturas hospedeiras na entressafra, podem completar mais duas gerações (Krause, 2022).

O percevejo-verde (*Nezara viridula*), também é conhecido como percevejo-da-soja, tem distribuição mundial e no Brasil é mais comum nas regiões mais frias. Assim como os exemplos anteriores, também é polífago, ou seja, é capaz de se alimentar de diversas plantas. As fêmeas depositam ovos que apresentam coloração amarelada e ficam rosados quando próximos da eclosão, em grupos que variam de 60 a 200 ovos, preferencialmente na parte inferior das folhas ou em locais mais protegidos. As ninfas também começam a se alimentar e causar danos nos grãos de soja a partir do terceiro ínstar e os adultos possuem uma coloração verde mais homogênea, podendo apresentar variações na tonalidade de acordo com as regiões de ocorrência. O ciclo de vida do percevejo-verde pode durar até 50 dias em condições favoráveis. Ao se alimentar, injetam toxinas que provocam um sintoma conhecido como “chochamento” dos grãos, impactando a produtividade e a qualidade da lavoura (Figura 6) (Ávila *et al*., 2019).

Figura 6 - Ciclo de desenvolvimento do Percevejo-verde (*Nezara viridula*).

Fonte: Ávila *et al.* (2019).

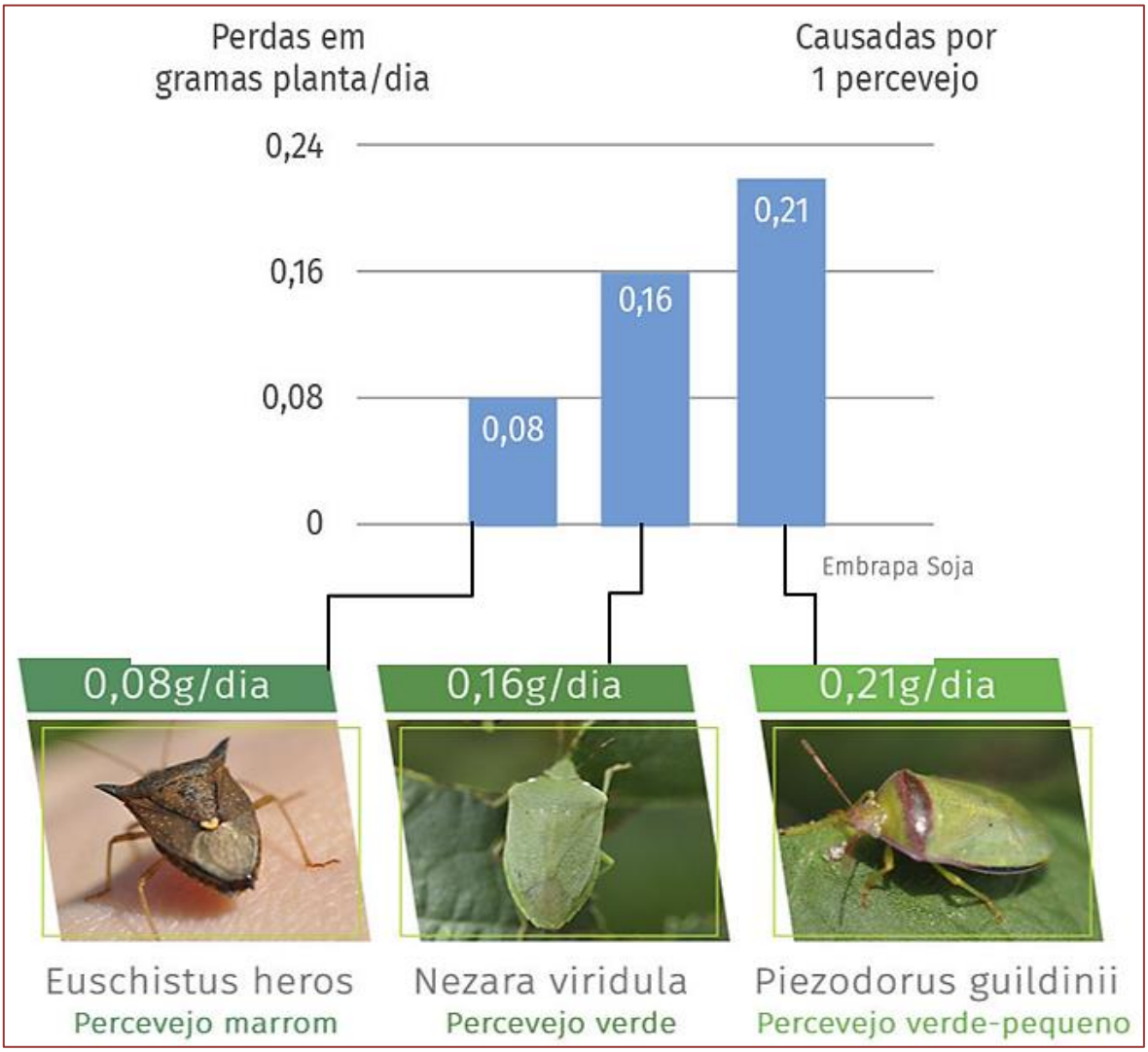
O Manejo Integrado de Pragas (MIP) é uma metodologia que se baseia na combinação de diferentes técnicas de controle, equilibrando práticas agronômicas, controle biológico e controle químico. O monitoramento deve ser realizado semanalmente nos períodos mais frescos do dia e na fase reprodutiva (momento em que ocorrem perdas mais significativas). No início dessa fase, o monitoramento deve ser realizado de forma mais constante caso a população for considerada significativa, pois nesse período se inicia a formação das vagens que servirão de alimento para os percevejos (Alves, 2019).

O nível de ação deve ser iniciado quando houver 2 percevejos por metro de linha de plantas na fase reprodutiva ou 4 percevejos por metro na fase vegetativa. Em relação à produção de sementes, o nível de ação inicia quando houver apenas 1 percevejo por metro (Alves, 2019). No momento de realizar o pano de batida para monitorar a população de insetos, sendo esta a ferramenta mais confiável, devem-se contabilizar os adultos e as ninfas grandes (3°, 4° e 5° instar). As ninfas maiores possuem tamanho igual ou maior que 0,3 cm (Roggia *et al*., 2019).

O manejo químico é a primeira ferramenta para controlar percevejos em soja (Roggia *et al*., 2019). Para controle desses sugadores, existem cerca de 53 produtos para controle do percevejo-marrom da soja (Ávila *et al*., 2019). De acordo com Alves (2019), a mistura de neonicotinóide + piretróide possui o melhor custo benefício entre os produtos testados, apresentando controle satisfatório dos insetos pragas.

A presença de um percevejo por planta resulta em perdas variadas, dependendo da espécie em questão. Os prejuízos provocados pelos percevejos podem levar ao abortamento de vagens e de grãos, vagens quebradiças, grãos secos, além de redução de peso e qualidade. Considerando uma capacidade média de danos de um grão por dia e um intervalo de 35 dias entre a fase reprodutiva e o enchimento de grãos, o prejuízo será de 56 kg de grãos a cada hectare de soja (Figura 7).

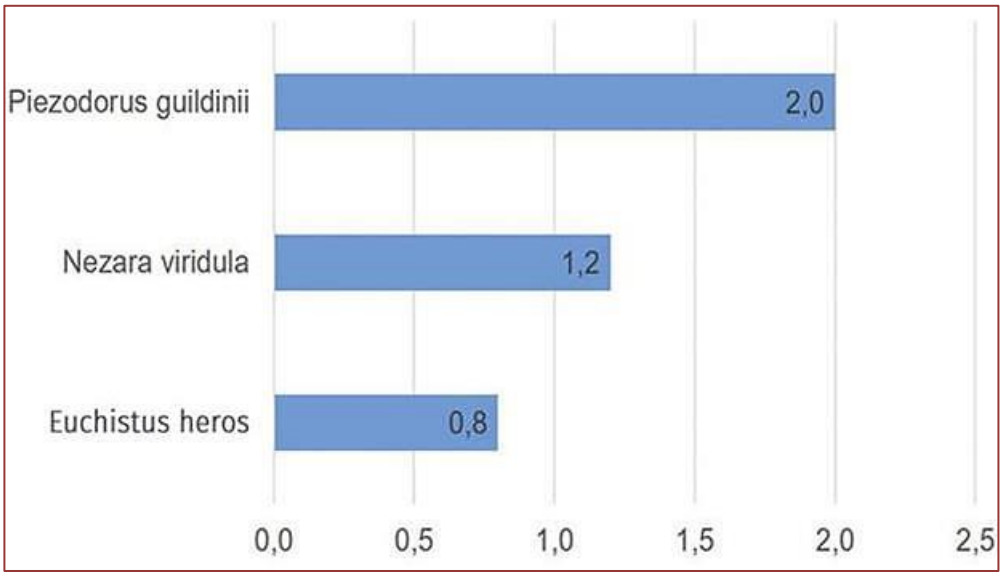
Figura 7 - Perdas de produtividade de soja provocadas por percevejos.



Fonte: Agro Bayer (2022).

Complementando o que é apresentado na Figura 7, é possível visualizar na Figura 8 a profundidade do dano (mm) originada por percevejos em grãos de soja, visto que, a maior profundidade das picadas do inseto pode resultar em maiores danos em grãos de soja.

Figura 8 - Profundidade do dano (mm) em grãos de soja ocasionado por percevejos.



Fonte: Agro Bayer (2022).

Neste contexto, fica evidente que nas plantas de soja, o ataque por percevejos pode resultar em prejuízos diretos, tais como: abortamento de vagens e de grãos, diminuição de tamanho, massa e conteúdo de óleo dos grãos, além da diminuição do vigor e capacidade de germinação das sementes, o que pode resultar em fraqueza ou até mesmo na morte do embrião.

Os prejuízos indiretos envolvem a disseminação de doenças fúngicas as plantas pelos percevejos por meio de sua boca, além da indução de um distúrbio conhecido como "soja louca", cuja característica principal é a retenção de folhas verdes no término do ciclo, resultando em dificuldades na colheita e redução na produtividade de grãos.

4. CONCLUSÕES

Os percevejos possuem tamanho reduzido e dispositivo dentários do tipo sugadores labiais tetraqueta (capaz de perfurar a planta e extrair sua seiva), além de um primeiro par de asas típicas do tipo hemiélitro, com a parte basal mais dura e a parte apical revestida de membrana. Existem numerosas famílias e espécies na subordem *Heteroptera*, com variados padrões alimentares, que podem incluir hematófagos, zoofitófagos, fitófagos ou predadores, onde, os predadores se alimentam a partir de outras espécies de insetos. Os hematófagos consomem sangue como alimento. Os carnívoros zoofitófagos complementam sua alimentação com seiva de plantas, néctar e pólen.

Os tipos de percevejos que mais frequentemente atacam a soja incluem o percevejo-verde, um espécime polífaga que se nutre de várias culturas, incluindo a soja. O prejuízo causado pelo percevejo-verde nas plantas de soja é inferior ao do percevejo-marrom, porém ainda é relevante. O percevejo-verde-pequeno, que se nutre majoritariamente das sementes de soja, também pode ser observado no estágio reprodutivo (R5). Este percevejo pode provocar danos semelhantes aos do percevejo-verde, porém com maior gravidade, devido à sua capacidade de penetrar mais

profundamente nas vagens. Além disso, o percevejo-marrom é a espécie mais frequente e mais prejudicial à soja, uma vez que se nutre de ramos, hastes e vagens em desenvolvimento. A estimativa é que um percevejo a cada metro quadrado de área cultivada possa resultar em perda de 56 kg de grãos de soja por hectare em um intervalo de 35 dias.

Os percevejos podem provocar prejuízos consideráveis na produção de soja. O prejuízo pode ocorrer de forma direta ou indireta, dependendo do período. A fase mais desafiadora e que requer maior cuidado do sojicultor é a reprodutiva. Os percevejos, ao atacarem as vagens, podem prejudicar todo o rendimento da colheita. A produtividade diminui devido ao abortamento dos grãos, que perdem massa e concentração de óleo. Os prejuízos na agricultura podem ser graves entre os períodos R5.1 e R6, devido ao crescimento da população de percevejos nesse período.

É fundamental o monitoramento contínuo das áreas cultivadas com soja que estão infestadas de percevejos para estabelecer o momento e o método de controle mais apropriados para cada circunstância. Para prevenir danos à lavoura, é necessário implementar várias estratégias de gestão, incluindo o Manejo Integrado de Pragas (MIP), que envolve a aplicação inteligente e combinada de diversos métodos de controle, com o objetivo de diminuir a quantidade de percevejos a níveis que não provoquem prejuízos econômicos. O Manejo Integrado de Pragas engloba ações preventivas, culturais, químicas e biológicas, com o controle químico sendo o método mais empregado pelos agricultores.

Como sugestão para estudos futuros, abordar sobre os percevejos e a qualidade das sementes de soja; manejo de percevejos na cultura de soja reflete no rendimento e na qualidade das sementes; percevejo-marrom em soja: identificação e controle; inseticida Expedition Corteva - controle de percevejo na soja.

REFERÊNCIAS

[1] AGRO BAYER. **Manejo de pragas:** danos dos principais percevejos na soja. Agro Bayer Brasil, 2022. Disponível em: https://www.agro.bayer.com.br/conteudos/manejo-de-pragas-danos-dos-principais-percevejos-na-soja. Acesso em: 24 out. 2024.

[2] ALVES, E. V. **Percevejos da soja**. Promip, 2019. Disponível em: https://promip.agr.br/percevejos-da-soja/. Acesso em: 30 abr. 2024.

[3] ÁVILA, J. Mais cedo**. Revista Cultivar (Online)**, n. 245, p. 27, 2019. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/212156/1/cultivar.pdf. Acesso em: 01 out. 2024.

[4] BORGES, J. S. **Suscetibilidade de *Euschistus heros* (hemiptera: pentatomidae) a inseticidas utilizados na cultura da soja**. 2019, 77 f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, 2019. Disponível em: https://sistemas.ifgoiano.edu.br/sgcursos/uploads/anexos_12/2019-06-14-12-52-56DISSERTA%C3%87%C3%83O%20FINAL%20PDF.pdf. Acesso em: 30 abr. 2024.

[5] INAGAKI, C. H.; BOIAGO, N. P. Característica fisiológica e físico-químicas de sementes de soja sob danos de percevejos. **Revista Cultivando o Saber**, Edição Especial, p. 19-30, 2020. Disponível em: https://cultivandosaber.fag.edu.br/index.php/cultivando/article/view/1035/960. Acesso em: 01 out. 2024.

[6] KRAUSE, F. A. **Reação de genótipos de soja ao ataque do percevejo *Euschistus heros*:** atratividade, preferência alimentar e avaliação em diferentes níveis de infestação. 2022, 59 f. Dissertação (Mestre em Ciências) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2022. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11137/tde-13052022-113212/publico/Felipe_Augusto_Krause_versao_revisada.pdf. Acesso em: 01 out. 2024.

[7] PAULA, K. A. de; BEZERRA, G. D. **Percevejo marrom na soja**. 2023, 27 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso técnico em Agropecuária) - Escola Técnica Estadual Professor Carmelino Corrêa Júnior, Franca, 2023. Disponível em: https://ric.cps.sp.gov.br/handle/123456789/19100. Acesso em: 01 out. 2024.

[8] ROGGIA, S. *et al*. **Eficiência de inseticidas no controle do percevejo-marrom (*Euschistus heros*) em soja, na safra 2018/2019:** resultados sumarizados de ensaios cooperativos. Circular técnica 154, Londrina – PR, 2019. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1113935/1/CT1543.pdf. Acesso em: 30 abr. 2024.

[9] SANGIOVO, M.; BASSO, C. Épocas de semeadura e sua influência sobre a flutuação de percevejos na soja. **Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa**, v. 37, n. 72, p. 11-17, 2021. Disponível em: http://publicacoes.unifil.br/index.php/Revistateste/article/view/1469. Acesso em: 01 out. 2024.

[10] TRIUNFO. **Percevejo pode provocar perda de até 30% na cultura da soja**. Disponível em: https://www.sementestriunfo.com.br/single-post/2020/01/27/percevejo-na-cultura-da-soja. Acesso em: 30 abr. 2024.

Capítulo 2

Desenvolvimento de atividades práticas relativas ao cultivo de soja

Rigoberto Moreira de Matos
https://orcid.org/0000-0003-3455-9876

Resumo: A execução de atividades práticas no cultivo de soja requer uma série de conhecimentos técnicos e científicos que, quando corretamente empregados, asseguram a lucratividade da produção. Ademais, a implementação de tecnologias avançadas e práticas sustentáveis é crucial para potencializar os resultados, levando em conta os desafios ambientais e econômicos que os sojicultores enfrentam. Diante disso, objetivou-se vivenciar e desenvolver na prática atividades relativas ao cultivo de soja, oportunizando colocar em prática meus conhecimentos e habilidades para resultar em ações profissionais e desenvolver o senso crítico como agrônomo, ainda, presenciar o espaço de intervenção profissional, identificar problemas e propor soluções; relacionar os conhecimentos obtidos no processo de formação com atividades práticas do cultivo de soja; e dispor da oportunidade de potencializar as habilidades profissionais exercendo atividades na área agronômica. As atividades práticas foram desenvolvidas em uma empresa que tem como atividade principal o cultivo de soja na região do médio-norte de Mato Grosso, localizada as margens da BR 163 no município de Nova Mutum no estado de Mato Grosso, Brasil. Os desenvolvimentos das atividades práticas incluíram o preparo de solo, controle de plantas daninhas, tratamento de sementes, regulagem de implementos, operação de plantio, avaliação de plantabilidade de sementes e monitoramento de pragas no cultivo de soja. Estas atividades foram supervisionadas por um agrônomo experiente. As ações práticas desenvolvidas relacionadas ao cultivo de soja possibilitou vivenciar situações reais de trabalho desafiadoras, possibilitando aplicar e ampliar meus conhecimentos na prática. As atividades realizadas contribuíram positivamente, visto que, possibilitou aplicar meus conhecimentos e habilidades, desenvolver ações profissionais e senso crítico, no entanto, observaram-se alguns pontos negativos relacionados ao ambiente de trabalho, como as condições de transporte e estradas. Contudo, o desenvolvimento destas atividades práticas foi satisfatório para meu processo formativo, pois possibilitou desenvolver minhas habilidades profissionais por meio do exercício de atividades agronômicas em campo cultivado com soja, logo, agregou novos conhecimentos que serão de grande relevância para minha vida profissional.

Palavras-Chave: Glycine max; agronomia; conhecimento; exercício real.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de atividades práticas visa à transição da minha vida acadêmica para a profissional, objetivando entrar em contato com a área que desejo atuar ao adentrar no mercado de trabalho. Esta exposição escrita apresenta as informações referentes as atividades práticas desenvolvidas no segundo semestre de 2024 em uma fazenda com diversas operações agrícolas relacionadas ao cultivo de soja durante a safra 2024/2025, o que possibilitou desenvolver atividades de competência do agrônomo.

A fazenda que optei para a realização destas atividades práticas encontra-se localizada no município de Nova Mutum no estado de Mato Grosso. Esta empresa utiliza métodos de produção eficientes e racionais, sempre respeitando o meio ambiente, buscando se destacar entre as empresas de agronegócio brasileiro e fomentar o desenvolvimento social das comunidades onde realiza atividades buscando produzir eficientemente grãos e fibras.

Durante o período de realização destas atividades dispus da oportunidade de participar de diferentes atividades práticas relacionadas ao cultivo de soja, como: preparo do solo, controle de plantas daninhas, tratamento de sementes, regulagem de implementos, operação de plantio, avaliação de plantabilidade das sementes e monitoramento de pragas na cultura da soja.

A participação em atividades relativas ao cultivo de soja me proporcionou a oportunidade de aplicar e expandir meus conhecimentos, interagindo com diversos profissionais que exercem funções relacionadas à minha área de formação (agronomia). Além disso, me permitiu enfrentar desafios, reconhecer problemas, sugerir soluções e perceber as oportunidades no mercado de trabalho.

O desenvolvimento das atividades práticas durante o cultivo de soja me proporcionou uma experiência única de aprendizado que une teoria e prática, um passo crucial na minha formação profissional. Isso me preparou para os desafios futuros no mercado de trabalho e na execução das tarefas no local de trabalho, além de auxiliar nos meus primeiros passos na minha trajetória profissional.

1.1. OBJETIVO GERAL

Vivenciar e desenvolver na prática atividades relativas ao cultivo de soja, oportunizando colocar em prática meus conhecimentos e habilidades para resultar em ações profissionais e desenvolver o senso crítico como agrônomo.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Presenciar o espaço de intervenção profissional, identificar problemas e propor soluções;

Relacionar os conhecimentos obtidos no processo de formação com atividades práticas do cultivo de soja;

Dispor da oportunidade de potencializar as habilidades profissionais exercendo atividades na área agronômica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. AMBIENTE DE ESTÁGIO

As atividades práticas foram realizadas em uma empresa que tem como atividade principal o cultivo de soja na região do médio-norte de Mato Grosso, localizada as margens da BR 163 no município de Nova Mutum no estado de Mato Grosso, Brasil.

As ações realizadas incluiram o preparo de solo, controle de plantas daninhas, tratamento de sementes, regulagem de implementos, operação de plantio, avaliação de plantabilidade de sementes e monitoramento de pragas no cultivo de soja. Estas atividades foram supervisionadas por um agrônomo experiente da fazenda.

A fazenda atua na área da agricultura, produz e comercializa grãos como soja e milho. A missão e filosofia desta fazenda é desenvolver e fomentar soluções de excelência e inovação para o setor agrícola, através de práticas racionais e sustentáveis que gerem valor para clientes, fornecedores, sociedade e acionistas, auxiliando no progresso sustentável do agronegócio e do Brasil.

2.2. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

No início das atividades foi possível aprender a calibrar um distribuidor de calcário e acompanhar a aplicação do corretivo de acidez do solo (Figura 1A). Também foi possível entender na prática a calibração de aplicador de fertilizante e acompanhar a aplicação dos adubos em campo (Figura 1B).

Figura 1 – Aplicador de calcário e fertilizante (A), área de braquiária que recebeu aplicação de fertilizantes (B).

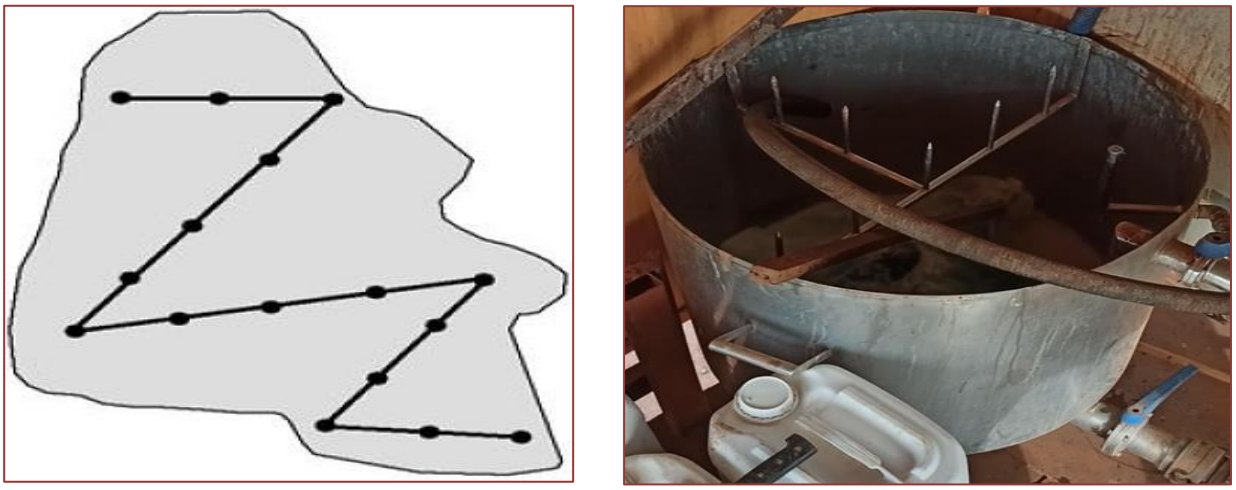
(A) (B)

Aprendi na prática a calibrar e acompanhar em campo uma Jan Lancer Maximus 12000 na aplicação de calcário e fertilizantes. Esta atividade incluiu o cálculo da vazão e da dose, obter a velocidade, coleta e pesagem, ajuste do dosador e do distribuir de produtos. Estas atividades práticas estão associadas ao tema de máquinas e mecanização agrícola, ciência e fertilidade do solo.

Em campo realizamos na prática o levantamento de plantas daninhas em zigue-zague (Figura 2A) e aprendi a preparar a calda para pulverização (Figura 2B).

Figura 2 – Levantamento de plantas daninhas em zigue-zague (A) e preparo de calda para pulvericação (B).

(A) (B)



Fonte: Vilar (2021).

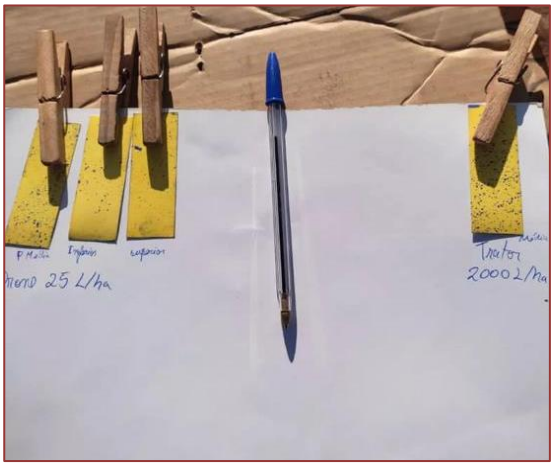
Nos talhões da fazenda realizei o levantamento de plantas daninhas por meio de estudo que envolve a identificação, mensuração e localização de ervas daninhas em um campo agrícola, facilitando o planejamento de estratégias de controle mais eficientes e direcionadas. Inicialmente andando em zigue-zague pelos talhões identifiquei as espécies e a densidade das plantas daninhas, posteriormente obteve-se a distribuição espacial e o estádio de desenvolvimento das plantas e por fim verifiquei a resistência a herbicidas.

A mistura do herbicida, água e adjuvante resulta em uma calda, contudo, é necessário ter alguns cuidados, como: qualidade da água, temperatura, compatibilidade entre produtos e ordem de adição no tanque de mistura. Esta prática está relacionada as temáticas de controle de plantas daninhas e química geral.

Também aprendi a regular e calibrar pulverizador de barras e acompanhar a dessecação pré-plantio de braquiária e plantas daninhas com herbicidas para posteriormente realizar o plantio da cultura da soja (Figuras 3A e 3B).

Figura 3 – Regulagem e calibração de pulverizador e avaliação da qualidade da aplicação (A) e dessecação pré-plantio de braquiária e plantas daninhas (B).

(A) (B)



Para regular o pulverizador definimos qual ponta de pulverização será utilizada e a taxa de aplicação, verificamos a velocidade de deslocamento do equipamento e o espaçamento entre bicos, calculamos a vazão que deverá chegar ao final da ponta e definimos a pressão e vazão que a ponta deverá operar. Em seguida, realizamos a calibração ajustando a pressão com manômetro de bico, coletamos a vazão das pontas, anotamos e calculamos a vazão média, caso haja variação acima de 5% será necessário reajustar a pressão.

Ainda, é necessário avaliar o tamanho das gotas utilizando papel hidrossensível para que as gotas não sejam arrastadas pelo vento e atinjam o alvo desejado. A aplicação de herbicidas antes do plantio visa dessecar a braquiária e plantas daninhas preparando a área para o cultivo da soja e possibilitando o desenvolvimento adequado da cultura. O desenvolvimento destas atividades práticas encontra-se relacionadas ao conteúdo de máquinas e mecanização agrícola e controle de plantas daninhas.

Durante o estágio participei das atividades de tratamento de semente de soja (Figura 4A) e tive a oportunidade de aprender a calibrar uma plantadeira (Figura 4B).

Figura 4 – Tratamento de sementes de soja (A) e regulagem de plantadeira (B).

(A) (B)

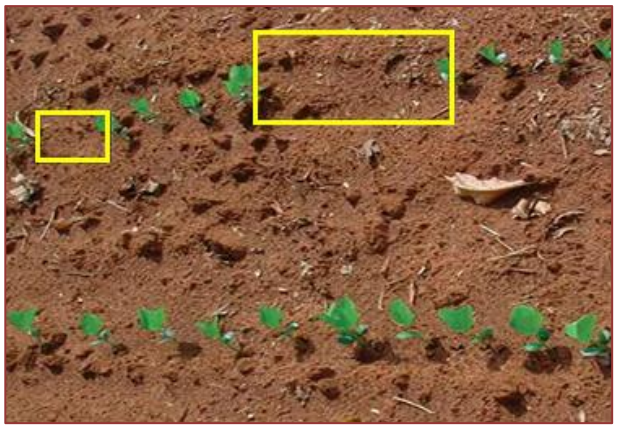
A aplicação de produtos como fungicidas, inseticidas e nematicidas tem como objetivo proteger a semente de soja contra pragas e doenças, enquanto que, o grafite contribui para uma distribuição mais uniforme das sementes na linha de plantio.

Para regular a plantadeira ajustamos o espaçamento entre linhas e a profundidade de semeadura desejada, determinamos a quantidade de sementes a ser plantadas por hectare, movimentamos a plantadeira por uma certa distância e dividimos a quantidade de sementes que caíram no solo pela distância percorrida. Estas atividades práticas estão associadas ao assunto máquinas e mecanização agrícola e fitotecnia soja e milho.

Durante os dias de plantio de soja foi possível auxiliar na operação de plantio (Figura 5A) e ainda avaliar a plantabilidade das áreas já semeadas (Figura 5B).

Figura 5 – Operação de plantio de soja (A) e avaliação de plantabilidade de soja (B).

(A) (B)



A operação de plantio demanda muita atenção, pois alguns cuidados devem ser tomados, como: avaliar se a umidade do solo está adequada para germinação das

sementes, a distribuição das sementes ao longo da linha de plantio, a velocidade da plantadeira e a profundidade das sementes.

Na avaliação da plantabilidade observamos a disposição e o posicionamento das sementes em relação à profundidade no solo, o contato das sementes com o solo e o fechamento do sulco, visando plantar as sementes com a distância e quantidade correta de sementes ao longo da linha de plantio, assim, evitamos que ocorra falhas de plantio como na Figura 5B ou linhas duplas quando as sementes caem muito próximas uma da outra. Este assunto prático faz parte das temáticas máquinas e mecanização agrícola e fitotecnia soja e milho.

Ocorreu a oportunidade de participar do monitoramento de pragas na cultura da soja, onde a Figura 6A mostra que o agrônomo deve realizar o monitoramento das plantas de soja por completo e na Figura 6B as principais pragas da soja por estádio fenológico da cultura.

Figura 6 – Monitoramento de pragas na cultura soja.

(A) (B)

Fonte: Agro Noção (2022).

O monitoramento de pragas em cada talhão é realizado uma vez por semana e a cada 50 hectares fazia-se uma entrada dentro da lavoura para analisar e registrar as pragas presentes nas plantas de soja. Para percorrer todos os talhões cultivados com soja utilizava-se uma motocicleta e os devidos equipamentos de proteção individual necessário para a realização desta atividade.

Ao entrar no talhão observa-se a parte área das plantas como as folhas, flores e caule e, ainda, a superfície do solo buscando encontrar pragas, além disso, pode-se extrair a planta e verificar se existe a presença de pragas nas raízes da planta como a formação das galhas nas raízes gerada pela praga nematoides-das-galhas (*Meloidogyne incognita*).

As plantas de soja são atacadas por diversas pragas, como diferentes tipos de lagartas e percevejos, broca das axilas, tamanduá da soja, entre outras, portanto, estas pragas podem resultar em grandes prejuízos como a redução significativa da

produtividade de grãos, logo, deve-se monitorar a população de pragas e realizar um manejo integrado de pragas de acordo com o estádio de desenvolvimento da cultura. O monitoramento de pragas está relacionado aos assuntos teóricos de entomologia aplicada à agronomia e fitotecnia soja e milho.

O período chuvoso da região iniciou-se no mês de outubro, ou seja, época do início do plantio da safra de soja 2024/2025, portanto, uma das atividades é a coleta de chuvas com pluviômetros convencionais instalados em vários talhões da fazenda (Figura 7A), outra atividade prática consistiu em estimar a produtividade da cultura da soja nos diferentes talhões da fazenda, visto que, existem variações das características físicas e químicas do solo nos diversos talhões, resultando em variações na produtividade da cultura (Figura 7B).

Figura 7 – Coleta de chuvas com pluviômetros convencionais (A) e estimativa da produtividade da soja nos diferentes talhões da fazenda (B).

(A) (B)

O pluviômetro convencional é um aparelho que registra o volume de chuva, sendo a medição e anotação realizadas manualmente. A quantidade de água recolhida é expressa em milímetros. Onde, uma chuva de 1 mm equivale a 1 litro de água por m^2 de área (Cemaden, 2013).

O procedimento para a coleta de chuva com um pluviômetro convencional consiste em instalar o pluviômetro em um terreno plano, a uma altura mínima de 1,5 m, manter o pluviômetro a uma distância mínima de 3 m de obstáculos, optar por um local afastado de árvores, construções ou objetos que possam afetar a coleta da chuva, após a ocorrência de precipitação, verificar o nível da água no pluviômetro, analisar o nível da água no ponto mais baixo da superfície curva da água (menisco), registrar a medida obtida e limpar o pluviômetro para prepará-lo para a próxima medição de chuva (Splabor, 2023; Blainski

et al., 2012). Portanto, procedeu-se desta maneira para realizar a coleta de chuva diariamente.

Estimar a produtividade da soja é crucial para tomar decisões como o planejamento da colheita, a venda antecipada e a previsão de ganhos financeiros. A estimativa deve ser realizada imediatamente após o preenchimento dos grãos, que acontece no estágio fenológico R5, bem perto da época de colheita (Paniago, 2021).

A produtividade da soja foi estimada por meio da contagem da quantidade de plantas em uma área de 1 m^2, onde foi realizada uma estimativa a cada 50 hectares, posteriormente, calculou-se a quantidade média de vagens por planta, determinou-se a quantidade média de grãos por vagem, calculou-se o peso médio dos grãos por vagem e multiplicou-se a quantidade total de vagens pelo peso médio dos grãos por vagem (Franzoni, 2019; Brasmax, 2024). Assim, foi possível estivar a quantidade de sacas de soja a serem colhidas por hectare.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante este período foi possível desenvolver diversas atividades práticas relacionadas aos assuntos teóricos e práticos da área da agronomia, o que possibilitou colocar em prática algumas habilidades, como: iniciativa, comunicação, resolução de problemas, receptividade ao feedback e relacionamento interpessoal, logo, contribuindo para a minha vida profissional, visto que, oportunizou atualizar a minha visão profissional sobre a minha área de formação que estou buscando se desenvolver mais a cada dia.

Entretanto, realizando uma análise das experiências vivenciadas no decorrer das atividades práticas, alguns pontos deixaram a desejar quanto às expectativas iniciais para o desenvolvimento das atividades, como exemplo podemos mencionar a limitação quanto ao ambiente que as atividades foram realizadas e a supervisão em campo. Diante disso, visando tornar as atividades mais eficazes algumas soluções foram propostas, como: monitorar as pragas em horários com temperaturas mais amenas, estes momentos facilitam a contagem dos insetos, pois reduzem a mobilidade destas pragas e também monitorar os insetos que atacam as plantas conforme o estádio de desenvolvimento das mesmas.

As atividades práticas possibilitaram colocar em prática meus conhecimentos e adquirir novas informações ao entrar em contato direto com situações reais de trabalho em campo de cultivo engajado com técnicos agrícolas e agrônomos experientes, além de operadores de máquinas agrícolas e preparadores de caldas de pulverização, no entanto, em alguns momentos a supervisão de campo na estava presente, além disso, a dificuldade de transporte em dias de chuva e as condições dos veículos e estradas.

A fazenda conta com diversas tecnologias empregadas na produção de grãos de soja, desde o preparo do solo até a colheita, onde, durante este período foi possível ter contato com algumas tecnologias, como: máquinas e implementos agrícolas, agricultura de precisão, sementes com melhoramento genético e tecnologia que protege as plantas contra lagartas e proporciona resistência a herbicidas, aplicativo para auxiliar o monitoramento e registrar a contagem de pragas e produtos biológicos, além de materiais e ferramentas, como: papel sensível à água, rádio de comunicação, veículos e EPIs.

A realização de atividades práticas resultou em vários benéficos, entre eles: vivenciar situações reais relacionadas à área de formação, colocar seus conhecimentos em

prática e obter novos conhecimentos ao trabalhar com profissionais experientes, porém, ocorreram algumas dificuldades, como: falta de transporte ou veículo em condições inadequadas, estradas com baixas condições de tráfego e em alguns momentos faltaram à presença da supervisão em campo.

Em função de possuir mais de uma formação em cursos superiores na área das ciências agrárias e também ter atuado nesta área, iniciei as atividades práticas com uma boa base de conhecimentos e ao se relacionar com a equipe de trabalho novos conhecimentos foram agregados em função do convívio com o time técnico de campo e quando o supervisor de campo não estava presente foi possível desenvolver as atividades juntamente com outros agrônomos e técnicos agrícolas.

4. CONCLUSÕES

Ao longo deste período foi possível conhecer e realizar atividades práticas relativas ao cultivo de soja, como: preparo do solo, controle de plantas daninhas, tratamento de sementes, regulagem de implementos, operação de plantio, avaliar a plantabilidade das sementes e monitorar pragas na cultura da soja.

Ao ter contato com o espaço de intervenção profissional, ou seja, uma fazenda de cultivo de soja com vários profissionais envolvidos como agrônomos e técnicos agrícola, foi possível trocar conhecimentos e experiências, identificar problemas e sugerir soluções.

A participação em atividades referentes ao cultivo de soja oportunizou associar os conhecimentos alcançados durante a formação em agronomia com atividades práticas do cultivo de soja, diante disso, correlaciona-se as atividades práticas com os assuntos teóricos, como: mecanização agrícola, ciência do solo, controle de plantas daninhas, entomologia e fitotecnia soja e milho.

As citações neste artigo corroboram com as práticas desenvolvidas em campo relacionadas ao cultivo de soja, onde foi possível vivenciar situações reais de trabalho desafiadoras, possibilitando aplicar e ampliar os conhecimentos na prática.

As atividades práticas realizadas contribuiram positivamente, visto que, possibilitaram aplicar meus conhecimentos e habilidades, desenvolver ações profissionais e senso crítico, no entanto, observou-se alguns pontos negativos relacionados ao ambiente de trabalho, como condições inadequadas de transporte e estradas.

Portanto, as atividades práticas desenvolvidas foram satisfatórias para meu processo formativo e profissional, pois possibilitou desenvolver minhas habilidades profissionais por meio do exercício de atividades agronômicas em campo cultivado com soja, logo, agregou novos conhecimentos que serão de grande relevância para minha vida profissional.

REFERÊNCIAS

[1] AGRO NOÇÃO. **Pragas por estádio fenológico da Soja**, 2022. Disponível em: <https://www.instagram.com/p/CYjZARProWK/?igsh=MWV5Zm1lZnVjYjZvZg==>. Acesso em: 16 dez. 2024.

[2] BLAINSKI, E.; GARBOSSA, L. H. P.; ANTUNES, E. N. **Estações hidrometeorológicas automáticas: recomendações técnicas para instalação**. Florianópolis: Epagri, 2012.

[3] BRASMAX. **Qual a produtividade de soja por hectare da safra 2023/24 no Brasil?**, 2024. Disponível em: < https://www.brasmaxgenetica.com.br/blog/produtividade-soja-por-hectare/>. Acesso em: 04 dez. 2024.

[4] CEMADEN. **Pluviômetros**, 2013. Disponível em: <http://www2.cemaden.gov.br/o-que-sao-pluviometros/>. Acesso em: 23 dez. 2024.

[5] FRANZONI, M. AEGRO. **Calcule sua produtividade de soja antes da colheita**, 2019. Disponível em: < https://blog.aegro.com.br/produtividade-de-soja/>. Acesso em: 14 dez. 2024.

[6] PANIAGO, B. Agrointeli. 5 passos de estimar a produtividade na plantação de soja, 2021. Disponível em: <https://blog.agrointeli.com.br/blog/produtividade-na-plantacao-de-soja/>. Acesso em: 06 dez. 2024.

[7] SPLABOR. **Pluviômetros: Ferramenta crucial no enfrentamento das mudanças climáticas**, 2023. Disponível em: < https://www.splabor.com.br/blog/equipamentos-para-laboratorio/o-que-e-um-pluviometro-qual-a-sua-funcao/#:~:text=Localiza%C3%A7%C3%A3o%20e%20Instala%C3%A7%C3%A3o:%20Primeiro%2C%20certifique,essencial%20para%20garantir%20leituras%20precisas>. Acesso em: 11 dez. 2024.

[8] VILAR, D. **Tecnologias para detecção e controle em sítio-específico de plantas daninhas**. Portal Agriconline, 2021. Disponível em: <https://agriconline.com.br/portal/artigo/tecnologias-para-deteccao-e-controle-em-sitio-especifico-de-plantas-daninhas/>. Acesso em: 20 dez. 2024.

Capítulo 3

Aplicação do balanço hídrico na análise das condições hídricas do Triângulo Crajubar

Rigoberto Moreira de Matos
https://orcid.org/0000-0003-3455-9876

Resumo: As condições hídricas de uma determinada região são conhecidas por meio do estudo do balanço hídrico, fornecendo subsídios para o planejamento das atividades agrícolas da região. Assim, objetivou-se com este estudo avaliar as condições hídricas utilizando o balanço hídrico climatológico e disponibilizar informações para o planejamento agrícola do Triângulo Crajubar, composto pelos municípios de Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha no estado do Ceará. Para o cálculo do BHC, utilizou-se uma série histórica de 1974 a 2019 com dados de precipitação pluviométrica e temperatura média do ar. No segundo semestre do ano o Triângulo Crajubar tem aumento da temperatura do ar e da evapotranspiração potencial. O volume de precipitação não é suficiente para repor a evapotranspiração potencial de maio a dezembro, resultando em déficit de água no solo durante oito meses do ano. Recomenda-se o uso da irrigação de maio a dezembro para evitar redução no crescimento e produtividade das culturas. O município de Juazeiro do Norte possui maior temperatura do ar, evapotranspiração potencial e deficiência hídrica, e menor precipitação e excedente hídrico, quando comparado a Crato e Barbalha. O balanço hídrico disponibilizou informações detalhadas para o planejamento agrícola do Triângulo Crajubar.

Palavras-chave: precipitação; evapotranspiração; déficit hídrico; temperatura do ar.

1. INTRODUÇÃO

O monitoramento climático é fundamental para a otimização da produção agrícola, uma vez que, anomalias climáticas como oscilação em temperaturas, umidade relativa do ar, insolação, precipitação e evapotranspiração são consideradas causadoras de baixas na produtividade agrícola mundial (Passos *et al*., 2017). Radin; Matzenauer (2016), afirmam que a agricultura de sequeiro ainda é considerada o principal modo de produção agrícola, notadamente, nos países em desenvolvimento, de forma que o aumento na produtividade por unidade de área nos ecossistemas, são imprescindíveis, no entanto, para esse aumento faz-se necessário o conhecimento das variáveis climatológicas que estão intrinsicamente envolvidas.

Na região semiárida brasileira, tem-se a predominância de temperaturas altas, elevadas taxas de evapotranspiração e distribuição irregular da precipitação, sendo fundamental a busca de informações a respeito das características hídricas da região de modo a torna a atividade agrícola economicamente sustentável (Santos; Sousa, 2018; Passos *et al*.,2017; Matos *et al*., 2018).

Para se conhecer o balanço hídrico climatológico de uma região é necessário monitorar o conteúdo de água do solo, levando em consideração a textura, profundidade efetiva do sistema radicular além de contabilizar as entradas e saídas de água do sistema (Thornthwaite, 1948; Thornthwaite; Mather, 1955). Oliveira; Oliveira (2018) afirmam que essa metodologia é a base para se quantificar o excedente hídrico e a deficiência hídrica de uma dada região.

O planejamento hídrico para a agricultura no Triângulo Crajubar região sul do estado do Ceará, deve ser considerado o ponto de partida para se obter o manejo integrado dos recursos hídricos (Matos *et al*., 2018). Assim, o estudo do balanço hídrico climatológico contabilizando a demanda e a disponibilidade hídrica com base no excedente hídrico (E), deficiência hídrica (D), armazenamento de água no solo (ARM), precipitação pluviométrica (P), evapotranspiração real (ETr), evapotranspiração potencial (ETp) pode ser considerado uma ferramenta essencial, uma vez que, permite identificar épocas de carência e excesso hídrico e determinar a entrada e saída de água (Jesus, 2015; Holanda; Medeiros, 2019).

Essa ferramenta tecnológica permite o conhecimento das variáveis que compõe o balanço hídrico climatológico e beneficiam o planejamento agrícola além de propiciar ao produtor rural informações que auxiliam no sucesso do empreendimento rural, na tomada de decisão de quando optar ou não por sistemas de irrigação nas suas lavouras, visando suprir a deficiência hídrica das culturas (Passos *et al*., 2018).

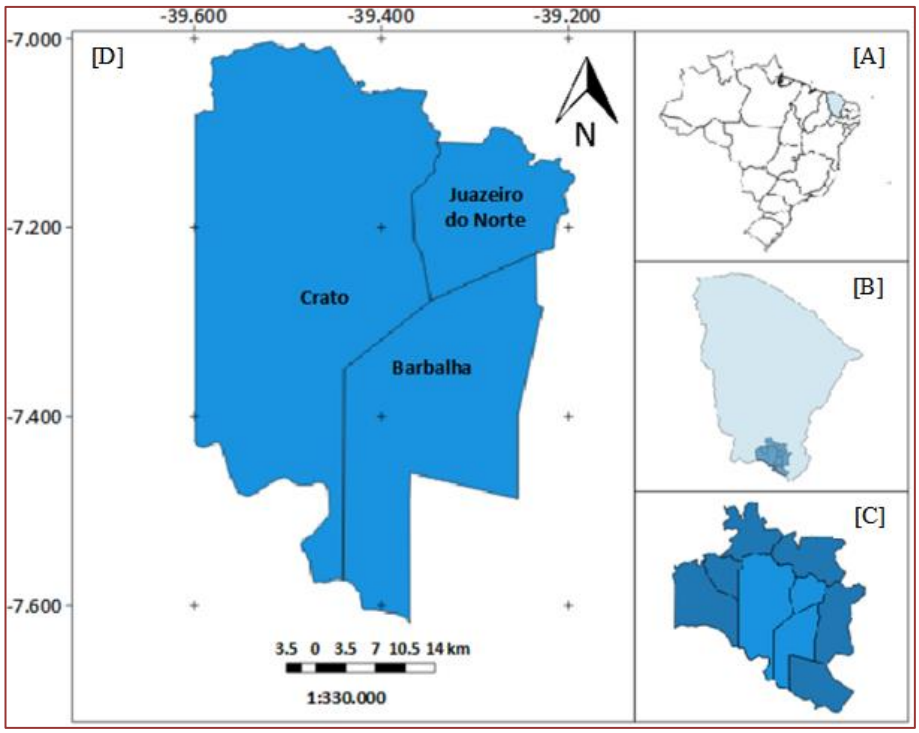
Dada à relevância da temática, objetivou-se com este estudo avaliar as condições hídricas utilizando o balanço hídrico climatológico e disponibilizar informações para o planejamento agrícola do Triângulo Crajubar, composto pelos municípios de Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha no estado do Ceará.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreende o Triângulo Crajubar, composto pelas cidades de Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha, sendo essas as principais cidades da região metropolitana do Cariri, localizada na região sul do estado do Ceará, situada no entorno da Chapada do Araripe, Cariri cearense região pertencente ao semiárido do Nordeste

brasileiro, conforme a Figura 1.

Figura 1 - Triângulo Crajubar: municípios de Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha no sul do estado do Ceará. [A] Brasil, [B] Ceará, [C] Região Metropolitana do Cariri e [D] Triângulo Crajubar.



Fonte: Oliveira Júnior *et al*. (2018).

As coordenadas geográficas dos municípios do Triângulo Crajubar são: Crato 7º 14' 03" S, 39º 24' 34" W e altitude de 426,7 m; Juazeiro do Norte 7º 12' 47" S, 39º 18' 55" W e altitude de 377,3 m, e Barbalha 7° 18’ 40” S e 39° 18’ 15” W e altitude de 415,7 m (IPECE, 2017).

Uma das características climáticas do estado do Ceará é a ocorrência de grandes períodos de seca, distribuição irregular com redução das precipitações e estiagem no segundo semestre do ano, assim como ocorre em outros estados do Nordeste do Brasil (FUNCEME, 2017).

Os dados agrometeorológicos da região do Cariri cearense onde se encontra localizado o Triângulo Crajubar, evidenciam duas estações climáticas bem distintas, uma considerada chuvosa que ocorre no verão e outra seca, sendo os meses de janeiro a abril os mais chuvosos do ano (Matos *et al*., 2019).

No município de Crato a precipitação pluviométrica média anual é de 1090,9 mm, com período chuvoso de janeiro a maio; o clima é do tipo Tropical Quente Semiárido Brando e Tropical Quente Sub-úmido, com temperatura média de 24 a 26 ºC; os Solos são Aluviais, Litólicos, Latossolo Vermelho-Amarelo, Podzólico Vermelho-Amarelo e Terra Roxa Estruturada Similar; e a vegetação do tipo Carrasco, Floresta Caducifólia Espinhosa, Floresta Subcaducifólia Tropical Pluvial, Floresta Subperenifólia Tropical PluvioNebular,

Floresta Subcaducifólia Tropical Xeromorfa (IPECE, 2017).

Em Juazeiro do Norte a precipitação pluviométrica média anual é de 925,1 mm, com período chuvoso de janeiro a maio; o clima é do tipo Tropical Quente Semiárido e Tropical Quente Semiárido Brando, com temperatura média de 24 a 26 ºC; os Solos são de dois tipos Aluviais e Podzólico Vermelho Amarelo; e a vegetação Floresta Caducifólia Espinhosa (IPECE, 2017).

Já o município de Barbalha a precipitação pluviométrica média anual é em torno de 1.153,0 mm, com período chuvoso de janeiro a abril; o clima é do tipo Tropical Quente Semiárido Brando, com temperatura média de 24 a 26 ºC; os Solos são Aluviais, Litólicos, Latossolo Vermelho-Amarelo e Podzólico Vermelho-Amarelo; a vegetação composta por Carrasco, Floresta Caducifólia Espinhosa, Floresta Subcaducifólia Tropical Pluvial, Floresta Subcaducifólia Xeromorfa e Floresta Subperenifólia Tropical Pluvio-Nebular (IPECE, 2017).

Para a estimativa do balanço hídrico climatológico utilizou-se dados de precipitação pluviométrica (P) e temperatura média do ar (T) da série histórica de 1974 a 2019, ou seja, 46 anos de dados climáticos da região de estudo.

Os dados climáticos de precipitação e temperatura do ar do município de Barbalha foram provenientes da estação meteorológica pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2020), enquanto que de Crato e Juazeiro do Norte os dados de precipitação pluviométrica utilizados foram obtidos do posto pluviométrico da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME, 2020).

Enquanto que, a temperatura do ar de Crato e Juazeiro do Norte foi obtida a partir do software Estima_T desenvolvido pelo núcleo de meteorologia da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) o qual utiliza a método da reta de regressão múltipla para estimativa da temperatura média do ar (Cavalcanti *et al*., 2006).

Os dados foram avaliados quanto à coerência e preenchimento de falhas, posteriormente, utilizou-se de planilhas do Microsoft Excel para estimar o balanço hídrico climatológico para cada município do Triângulo Crajubar no estado do Ceará.

Foi utilizada a metodologia proposta por Thornthwaite (1948) e Thornthwaite; Mather (1955) para o cálculo do balanço hídrico climatológico. Utilizaram-se planilhas eletrônicas para contabilizar o balanço de entrada e saída de água no solo da região estudada.

De acordo com a metodologia, a precipitação equivale a ganho e a evapotranspiração a perda de umidade do solo, além disso, foram estimados os valores do excesso hídrico (S) e da deficiência hídrica no solo (D).

A partir da metodologia utilizada, foi estimada a capacidade de armazenamento de água disponível no solo (CAD) de 100 mm. Esta CAD tem potencial para atender a um maior número de culturas perenes na região de estudo (Matos *et al*., 2018; Abreu; Tonello, 2016).

Assettari; Queiroz (2020) relatam que os resultados do balanço hídrico de Thornthwaite; Mather (1955), tem capacidade de ser utilizados para classificação climática, caracterização hidrológica, estudos ambientais e planejamento de atividades agrícolas.

A evapotranspiração potencial (ETp) foi estimada conforme o método proposto por Thornthwaite (1948), de acordo com a Equação 1.

$$ETp = Fc \cdot 16 \cdot \left(10\frac{T}{I}\right)^{a} \qquad (1)$$

Onde:

ETp = evapotranspiração potencial (mm mês-1);

Fc = fator de correção (conforme Tabela 1);

T = temperatura média mensal (°C);

I = índice anual de calor, correspondente a soma dos doze índices mensais; e

a = função cúbica do índice anual de calor, tal como: 6,75*10-7*I3-7,71*10-5*I2+0,01791*I+0,492.

A Tabela 1 apresenta os fatores de correção (Fc) propostos por Thornthwaite (1948), utilizados para cada mês do ano.

Tabela 1 - Fator de correção (Fc) em função dos meses do ano (Thornthwaite, 1948).

Fator de correção (Fc)											
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1,80	0,97	1,05	0,99	1,01	0,96	1,00	1,01	1,00	1,06	1,05	1,10

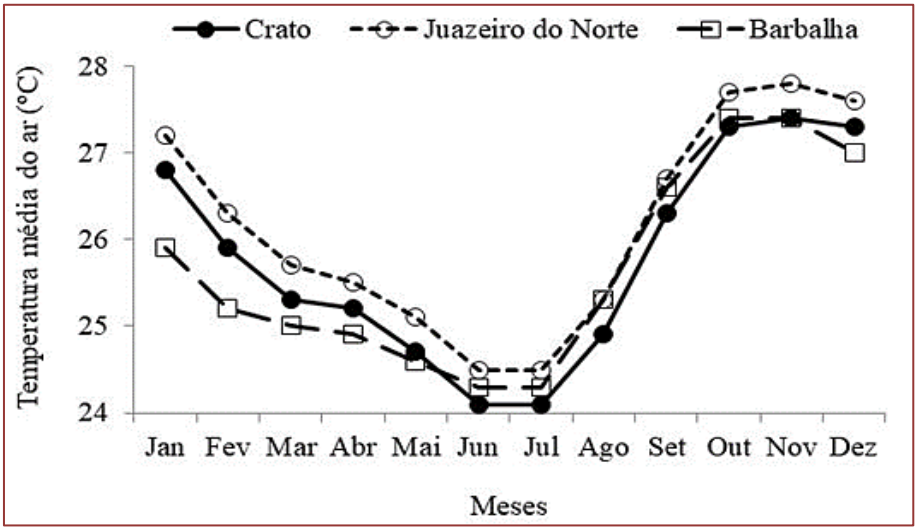
Fonte: Unesco (1982).

Com os resultados alcançados foram gerados gráficos contendo as informações referentes às variáveis climáticas e do balanço hídrico climatológico, onde na estimativa do balanço hídrico foram computadas as médias mensais dos dados obtidos para o período estudado. Desta maneira, os cálculos resultaram em informações gráficas de fácil interpretação, podendo ser utilizadas estas informações como base para o planejamento de atividades agrícolas da região estudada (Souza *et al*., 2017).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A temperatura média do ar mensal utilizada para a estimativa do balanço hídrico climatológico referente o período de 1974 a 2019 para o Triângulo Crajubar no estado do Ceará encontram-se na Figura 2.

Figura 2 - Temperatura média do ar mensal da série histórica de 1974 a 2019 para o Triângulo Crajubar (Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha) no estado do Ceará.



Fonte: elaborada pelos autores (2024).

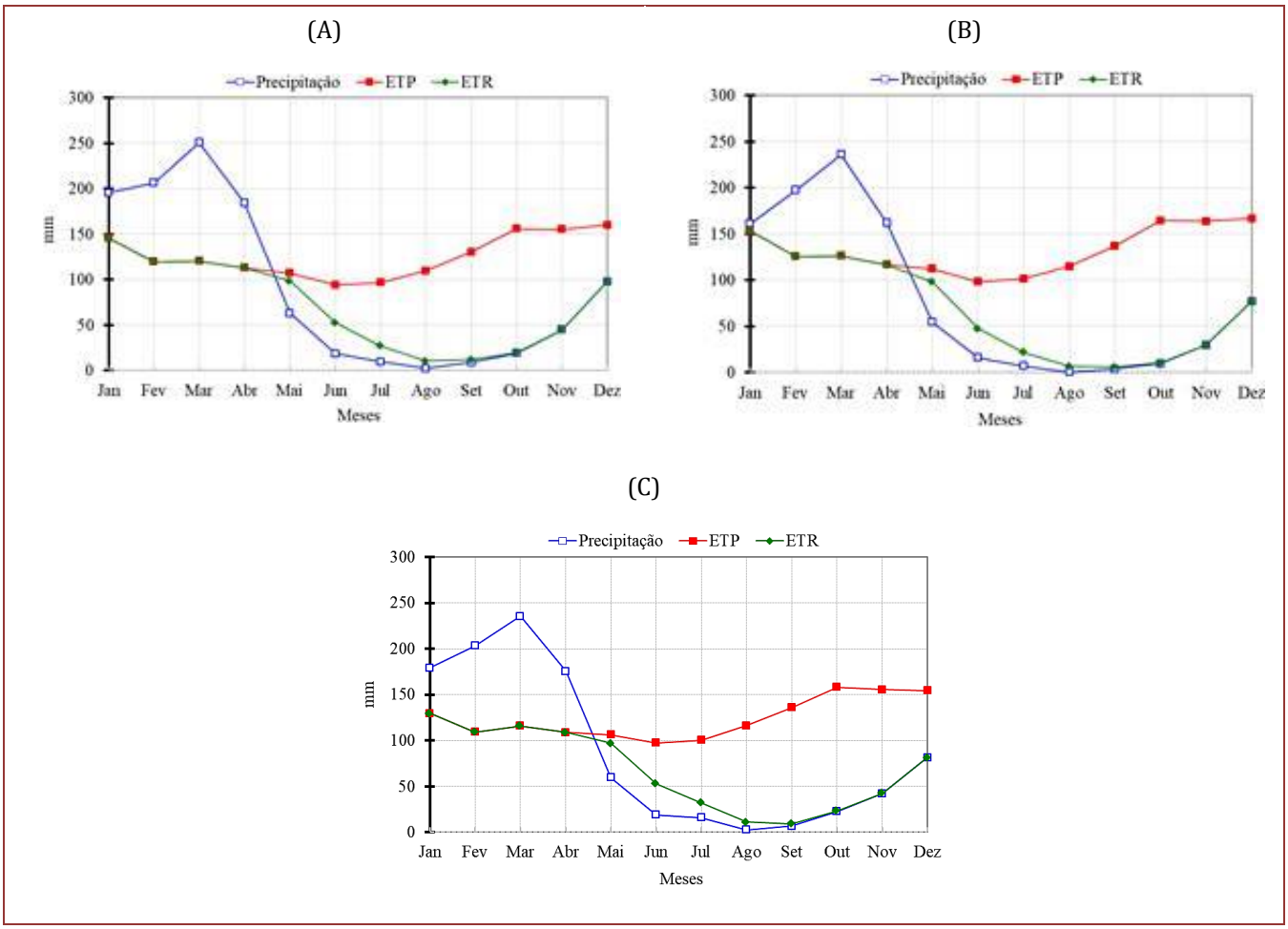
Os resultados da série histórica de 1974 a 2019 evidencia que o município de Barbalha possui a menor temperatura do ar média mensal (25,7 ºC), seguido de Crato (25,8 ºC), sendo que Juazeiro do Norte possui uma temperatura média mensal mais elevada (26,1 ºC). Constatou-se que nos meses de junho e julho incidem às temperaturas mais baixas do ano, para Crato (24,1 °C), Juazeiro do Norte (24,5 °C) e Barbalha (24,3 °C), e nos meses de outubro e novembro incidem as temperaturas mais elevadas, para Crato (27,3 °C), Juazeiro do Norte (27,7 °C) e Barbalha (27,4 °C).

Cabe salientar ainda, que o município de Juazeiro do Norte possui temperaturas mais elevadas, fato que se justifica em decorrência de sua altitude ser menor quando comparada aos demais munícipios estudados. Em regiões com altitudes mais baixas o ar tende a ser mais concentrado, ou seja, possui maior densidade e assim tem maior capacidade de acumular calor, enquanto em locais de elevada altitudes o ar é mais rarefeito, com menos densidade, possuindo menor capacidade de armazenar calor (Moreno *et al*., 2016).

Moreno *et al*. (2016) analisando as variáveis meteorológicas no estado do Ceará, descreveram que na região do Cariri Cearense (mesma região do presente estudo) o clima característico é quente, seco e subúmido, onde as temperaturas oscilam de 18,0 a 28,0 ºC, resultado este que corrobora com os obtidos no atual estudo. Matos *et al*. (2020) relatam que essas informações de temperatura média do ar mensal são relevantes para serem utilizadas na tomada de decisão de qual cultura que melhor se adaptada para o plantio na região.

Os resultados das variáveis climáticas precipitação pluviométrica (P), evapotranspiração potencial (ETp) e real (ETr) média mensal utilizadas na estimativa do balanço hídrico climatológico referente a série histórica de 1974 a 2019 para o Triângulo Crajubar do Ceará estão expostas na Figura 3.

Figura 3 - Precipitação pluviométrica, Evapotranspiração potencial e real média mensal da série histórica de 1974 a 2019 para o Triângulo Crajubar no estado do Ceará, município de Crato (A), Juazeiro do Norte (B) e Barbalha (C).



Fonte: elaborada pelos autores (2024).

Para a precipitação pluviométrica média mensal é possível observar que nos três municípios que compõe o Triângulo Crajubar os meses de janeiro a abril são os mais chuvosos, sendo esse período conhecido como a quadra chuvosa da região, onde no mês de março ocorrem os maiores volumes de precipitação, Crato (250,8 mm), Juazeiro do Norte (235,7 mm) e Barbalha (235,2 mm) (Figura 3).

Verificou-se que a precipitação pluviométrica média anual da série histórica de 1974 a 2019 é de Crato (1101,1 mm ano^{-1}), Juazeiro do Norte (953,0 mm ano^{-1}) e Barbalha (1041,5 mm ano^{-1}), portanto, Juazeiro do Norte é o município que recebe o menor volume de precipitação anual (Figura 3). Observa-se que nos três municípios o volume de precipitação atende a demanda da ETp apenas de janeiro a abril, onde o volume de precipitação não é suficiente para repor a ETp de maio a dezembro, resultando em déficit de água no solo durante oito meses do ano.

O volume de precipitação de maio a novembro é inferior aos da evapotranspiração real, deste modo, não atende a demanda da evapotranspiração no período, portanto, torna-se inviável suprir a demanda hídrica das culturas em cultivo de sequeiro. De acordo com Paula *et al*. (2017) durante esta temporada o cultivo somente é considerado viável com o uso de sistemas de irrigação desde que bem manejada visando atender a demanda

hídrica das culturas. Albuquerque *et al*. (2018) relatam que na região do semiárido brasileiro ocorrem variabilidade da precipitação e do armazenamento de água no solo, onde estas variáveis podem diferir expressivamente de um ano para o outro, consequentemente, precisa-se de gestão adequada visando alcançar maior eficiência de uso da água.

A evapotranspiração potencial média mensal é de 125,7 mm $mês^{-1}$ em Crato, 131,6 mm $mês^{-1}$ em Juazeiro do Norte e 123,9 mm $mês^{-1}$ em Barbalha, sendo os menores valores de ETp, observados nos meses mais frio (junho e julho) e as maiores ETp constatadas no trimestre mais quente do ano (outubro, novembro e dezembro) (Figura 3). Observa-se que no segundo semestre do ano ocorre um aumento da ETp, assim como ocorre da temperatura do ar. Estas informações são relevantes para que o produtor rural possa realizar o planejamento da lâmina de irrigação adequada para os cultivos ao longo do ano.

É possível observar que a média da ETp de maio a dezembro é superior a média da precipitação, este fato resulta em maior retirada de água do solo (ETp) em relação a reposição (P) proporcionando déficit de água no solo, o que justifica a necessidade da irrigação para atender a demanda hídrica das culturas dessa região.

Matos *et al*. (2019) verificaram que as menores taxas de evapotranspiração potencial foram observadas nos meses mais frios e as maiores nos meses mais quente do ano. Estes resultados são condizentes com os valores observados no presente estudo. A estimativa da evapotranspiração de referência é importante para a determinação da necessidade de irrigação, tomada de decisão para gestão da água, análises de seca e estudos ambientais (Pereira *et al*., 2015; Pandey *et al*., 2016; Cadro *et al*., 2017).

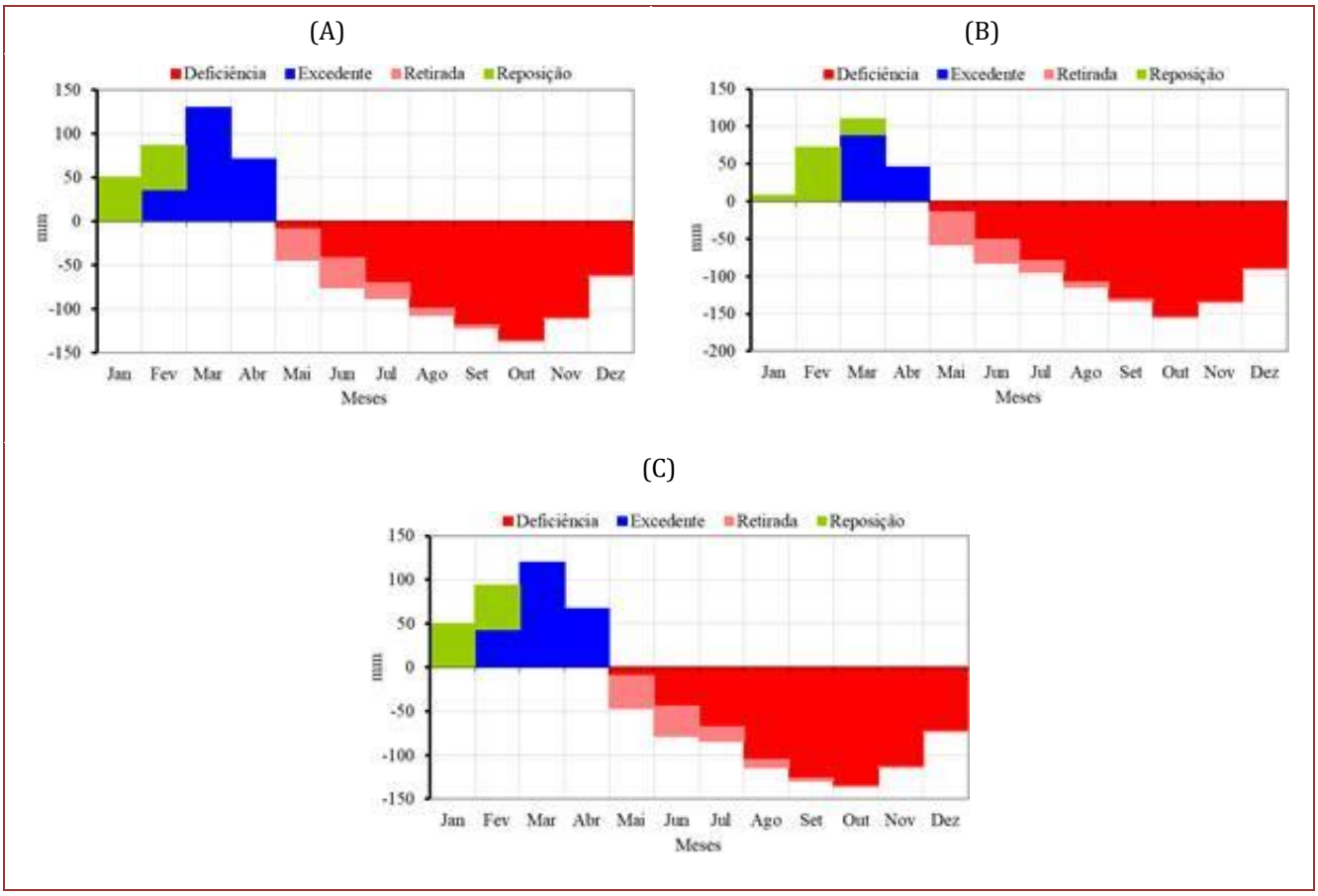
A evapotranspiração real média mensal em Crato é de 71,9 mm $mês^{-1}$, em Juazeiro do Norte de 68,2 mm $mês^{-1}$ e em Barbalha 67,7 mm $mês^{-1}$, onde os maiores valores de ETr ocorreram durante a quadra chuvosa da região (janeiro a abril) e os menores de setembro a agosto (Figura 3). O conhecimento da quantidade de água evapotranspirada pode auxiliar no planejamento da irrigação dos cultivos agrícolas da região.

Segundo Matos *et al*. (2017) a evapotranspiração real é a quantidade de água que realmente está sendo evapotranspirada na região, onde ao longo do ano a ETr se comportou de forma similar a distribuição da precipitação mensal, e que a ETr diminui quando o déficit de água no solo aumentou, podendo ser justificado pela menor quantidade de água disponível no solo nos meses em que ocorre menor volume de precipitação nesta região. Estes resultados corroboram com os alcançados no presente estudo.

Os resultados obtidos de precipitação pluviométrica, evapotranspiração potencial e real estão de acordo com vários estudos climáticos realizados para a região semiárida do Brasil (Santos; Aquino, 2016; Francisco *et al*., 2017; Matos *et al*., 2018; Passos *et al*., 2018; Costa *et al*., 2019; Matos *et al*., 2020).

Os resultados do balanço hídrico climatológico médio mensal referente a série histórica de 1974 a 2019 para o Triângulo Crajubar, estado do Ceará, encontram-se na Figura 4.

Figura 4 - Balanço hídrico climatológico médio mensal da série histórica de 1974 a 2019 para o Triângulo Crajubar no estado do Ceará, município de Crato (A), Juazeiro do Norte (B) e Barbalha (C).



Fonte: elaborada pelos autores (2024).

Os resultados do balanço hídrico climatológico demonstram que a deficiência hídrica média mensal é de -53,8 mm mês^{-1} em Crato, -63,4 mm mês^{-1} em Juazeiro do Norte e -56,2 mm mês^{-1} em Barbalha, onde nos meses de janeiro a abril período compreendido como quadra chuvosa da região não foi verificado déficit de água no solo, no entanto, de maio a dezembro ocorre deficiência hídrica na região, sendo os maiores déficits hídricos observados nos meses de setembro, outubro e novembro (Figura 4).

De acordo com Araújo *et al*. (2018) nos meses em que ocorrem déficit de água no solo é imprescindível o planejamento quanto à necessidade de irrigação para evitar prejuízos de produtividades das culturas. A necessidade de se utilizar a irrigação em áreas cultivadas é evidente, uma vez que, essas regiões passam por oito a nove meses em condições de deficiência de água no solo ao longo do ano (Passos *et al*., 2017; Silva; Silva, 2016).

O excedente hídrico no Triângulo Crajubar ocorre apenas nos meses de fevereiro, março e abril em Crato e Barbalha, e em Juazeiro do Norte nos meses de março e abril, enquanto que, de maio a janeiro não ocorre nenhum excesso de água no solo, sendo o total anual de 238,7 mm ano^{-1} em Crato, 134,5 mm ano^{-1} em Juazeiro do Norte e 229,4 mm ano^{-1} em Barbalha (Figura 4).

Medeiros *et al*. (2015) estudando a caracterização climática para Barbalha – CE verificaram que os excedentes hídricos incidem nos meses de fevereiro a abril, com oscilação de 48,4 a 119,8 mm $mês^{-1}$, e total anual de 245,8 mm. Passos *et al*. (2017) relatam que as precipitações excedem a evapotranspiração no início do período úmido, onde o excedente hídrico surgi quando a ETp iguala-se a ETr e o excedente é utilizado para repor a água no solo. Os resultados destes autores reafirmam os obtidos no presente estudo.

A retirada de água do solo inicia no mês de maio e se estende até dezembro, onde os valores diminuem conforme o aumento da evapotranspiração potencial, sendo as maiores retiradas constatadas nos meses de maio, junho e julho. A reposição de água no solo ocorre nos meses de janeiro e fevereiro nos municípios de Crato e Barbalha, e em Juazeiro do Norte incide nos meses de janeiro a março (Figura 4).

Passos *et al*. (2016) relatam que a retirada de água do solo começa durante o período de estiagem momento em que inicia a ocorrência de deficiência hídrica no solo e no inicio do período chuvoso a precipitação é utilizada na reposição da água do solo. Estes resultados estão de acordo com os alcançados no presente estudo.

A partir dos resultados obtidos com este estudo é possível observar que o balanço hídrico contribuiu para analisar as variáveis climáticas de cada município do Triângulo Crajubar, onde o município de Juazeiro do Norte requer mais cuidado no momento do planejamento agrícola, visto que, este possui maior temperatura do ar, evapotranspiração potencial e deficiência hídrica no solo, e ainda, menor precipitação pluviométrica e excedente hídrico no solo, quando comparado a Crato e Barbalha.

Um planejamento integrado dos recursos hídricos pode amenizar os efeitos do déficit de água no solo, tendo em vista a implantação de sistemas de irrigação dimensionados conforme a demanda hídrica da região, isto é, um sistema de apoio para aplicação de água na agricultura irrigada (Marques; Teixeira, 2019). Desta forma, é possível explorar os cultivos agrícolas de forma mais rentável.

4. CONCLUSÕES

No segundo semestre do ano o Triângulo Crajubar tem aumento da temperatura do ar e da evapotranspiração potencial.

O volume de precipitação não é suficiente para repor a evapotranspiração potencial de maio a dezembro, resultando em déficit de água no solo durante oito meses do ano.

Recomenda-se o uso da irrigação de maio a dezembro para evitar redução no crescimento e produtividade das culturas.

O município de Juazeiro do Norte possui maior temperatura do ar, evapotranspiração potencial e deficiência hídrica, e menor precipitação e excedente hídrico, quando comparado a Crato e Barbalha.

O balanço hídrico disponibilizou informações detalhadas para o planejamento agrícola nos municípios do Triângulo Crajubar.

REFERÊNCIAS

[1] ABREU, M. C.; TONELLO, K. C. Estimativa do balanço hídrico climatológico da bacia hidrográfica do rio Sorocaba - São Paulo. **Ambiência**, v. 11, n. 3, p. 513-527, 2016.

[2] ALBUQUERQUE, F. S. *et al*. Condições hídricas e crescimento vegetal de culturas agrícolas importantes para comunidades indígenas do semiárido brasileiro. **Revista Ceres**, v. 65, n. 2, p. 111-119, 2018.

[3] ARAÚJO, S. R. D. *et al*. Balanço hídrico e classificação climática para as mesorregiões da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, n. 6, p. 1985-1997, 2018.

[4] ASSETTARI, G. A.; QUEIROZ, T. M. Balanço hídrico e classificação climática na bacia do rio Jauquara, região de transição entre o cerrado e Amazônia Brasileira. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 16, p. 70-80, 2020.

[5] ČADRO, S. *et al*. Validation and calibration of various reference evapotranspiration alternative methods under the climate conditions of Bosnia and Herzegovina. **International Soil and Water Conservation Research**, v. 5, n. 4, p. 309-324, 2017.

[6] CAVALCANTI, E. P. *et al*. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 1, p. 140-147, 2006.

[7] COSTA, T. S. *et al*. Estimativa do balanço hídrico climatológico e classificação climática para o município de Bom Jesus da Lapa – BA. **Revista Ifes Ciência**, v. 5, n. 2, p. 208-216, 2019.

[8] FRANCISCO, P. R. M. *et al*. Evapotranspiração de referência mensal e anual pelo método de Thornthwaite para o estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 20, p. 135-147, 2017.

[9] FUNCEME. **Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos**, 2017. Disponível: <http://www.funceme.br/index.php/comunicacao/noticias/807-seca-no-cear%C3%A1est%C3%A1-menos-grave-em-2017,-masainda-preocupa#site>. Acesso: 16 set. 2020.

[10] FUNCEME. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, 2020. **Séries Históricas**. Disponível: http://www.funceme.br/areas/monitoramento/download-deseries-historicas. Acesso. 15 set. 2020.

[11] HOLANDA, R. M.; MEDEIROS, R. M. Classificação climática pelo método de Köppen e Thornthwaite em Bom Jesus do Piauí, Brasil. **Revista Pantaneira**, v. 16, p. 57-68, 2019.

[12] INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados Meteorológicos**, 2020. Disponível: https://portal.inmet.gov.br/. Acesso. 15 set. 2020.

[13] IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará, 2017. **Perfil municipal**. Fortaleza. Disponível: https://www.ipece.ce.gov.br/perfil-municipal-2017/. Acesso: 18 set. 2019.

[14] JESUS, J. B. Estimativa do balanço hídrico climatológico e clássificação climática pelo método de Thornthwaite e Mather para o município de Aracaju- SE. **Scientia Plena**, v. 11, n. 5, p. 057302, 2015.

[15] MARQUES, P. E.; TEIXEIRA, E. C. Sistema de apoio à decisão para alocação de água na agricultura irrigada em nível de microbacia hidrográfica. **Revista Iberoamericana del Agua**, v. 6, n. 1, p. 63-77, 2019.

[16] MATOS, R. M. *et al*. Aptidão agroclimática para o cultivo da mandioca no município de Barbalha - CE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 5, p. 1815-1822, 2019.

[17] MATOS, R. M. *et al*. Zoneamento agroclimático da palma forrageira para o município de Barbalha - CE. **Revista Espacios**, v. 38, n. 23, p. 27, 2017.

[18] MATOS, R. M. *et al*. Potencial agroclimático para a cultura da mangueira no município de Barbalha - CE. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 1, p. 2366-2373, 2018.

[19] MATOS, R. M. *et al*. Balanço hídrico climatológico normal e sequencial para o município de Barbalha - CE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 3, p. 973-982, 2020.

[20] MEDEIROS, R. M. *et al*. Caracterização climática e diagnóstico da aptidão agroclimática de culturas para Barbalha – CE. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 21, p. 461-476, 2015.

[21] MORENO, N. B. C. *et al*. Análise de variáveis meteorológicas para indicação de áreas agrícolas aptas para banana e caju no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 1, p. 001-015, 2016.

[22] OLIVEIRA, J. A. M.; OLIVEIRA, C. M. M. Balanço hídrico climatológico e classificação climática para o município de Arinos-MG. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 6, p. 3021-3027, 2018.

[23] OLIVEIRA JÚNIOR, A. I. *et al*. Diagnóstico de canteiros de obras situados na conurbação Crajubar no cariri cearense. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 14, n. 2, p. 135-147, 2018.

[24] PANDEY, K. P. *et al*. Avaliação dos métodos de evapotranspiração de referência para a região nordeste da Índia. **International Soil and Water Conservation Research**, v. 4, n. 1, p. 52-63, 2016.

[25] PASSOS, M. L. V. *et al*. Balanço hídrico e classificação climática para o município de Turiaçu-MA. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 14, n. 2, p. 149-155, 2018.

[26] PASSOS, M. L. V. *et al*. Balanço hídrico e classificação climática para uma determinada região de Chapadinha - MA. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 10, n. 4, p. 758-766, 2016.

[27] PASSOS, M. L. V. *et al*. Balanço hídrico climatológico e classificação climática para o município de Balsas - MA. **Scientia Agraria**, v. 18, n. 1, p. 83-89, 2017.

[28] PAULA; J. A. A. *et al*. Análise agronômica e econômica do cultivo de melão (*cucummis melo*, L.) Conduzido na região semiárida do nordeste brasileiro. **Enciclopédia Biosfera**, v. 14, n. 26, p. 44-52, 2017.

[29] PEREIRA, L. S. *et al*. Estimativa da evapotranspiração da cultura com FAO56: passado e futuro. **Agricultural Water Management**, v. 147, p. 4-20, 2015.

[30] RADIN, B.; MATZENAUER, R. Uso das informações meteorológicas na agricultura do Rio Grande do Sul. **Agrometeoros**, v. 24, n. 1, p. 41, 2016.

[31] SANTOS, E. F. N.; SOUZA, I. F. Análise Estatística Multivariada Da Precipitação Do Estado De Sergipe Através Dos Fatores E Agrupamentos. **Revista Brasileira De Climatologia**, v. 23, p. 205-222, 2018.

[32] SANTOS, F. A.; AQUINO, C. M. S. Balanço hídrico climatológico dos municípios de castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí, nordeste, Brasil. **Revista Eletrônica Geoaraguaia**, v. 6, n. 1, p. 30-56, 2016.

[33] SILVA, A. F.; SILVA, M. C. B. C. Agricultura no nordeste semiárido e os resíduos orgânicos aproveitáveis. **Revista equador**, v. 5, n. 2, p. 102-119, 2016.

[34] SOUZA, M. H. C. *et al*. Balanço hídrico normal e sequencial para o município de Petrolina. IV INOVAGRI International Meeting, 2017, **Anais...** Fortaleza - CE, Brasil.

[35] THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, v. 38, n. 1, p. 55-94, 1948.

[36] THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. Centerton, N.J.: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104p. (Publications in Climatology, v. 8, n. 1).

Capítulo 4

Categorização dos tipos climáticos do Triângulo Crajubar

Rigoberto Moreira de Matos
https://orcid.org/0000-0003-3455-9876

Resumo: O planejamento agrícola pode ser auxiliado a partir da classificação climática da região, a qual é de grande relevância para selecionar culturas que melhor se adaptam ao clima local. Os sistemas de classificação climática de Thornthwaite e o de Köppen levam em considerações diferentes variáveis para identificação das características do clima de uma determinada região, portanto, o presente estudo visou designar os tipos de clima dos municípios do Triângulo Crajubar no estado do Ceará utilizando os sistemas de classificação climática de Thornthwaite e o de Köppen, para tanto, recorreu-se a uma série histórica de 1974 a 2019 de precipitação e temperatura do ar para estimativa do balanço hídrico, dos índices hídrico, aridez e umidade, da concentração da evapotranspiração potencial na estação mais quente e a classificação climática conforme os sistemas de Thornthwaite e o de Köppen. A classificação climática de Thornthwaite foi mais especifica, pois designou os tipos de clima dos municípios de Crato e Barbalha como Seco e Subúmido e de Juazeiro do Norte como Semiárido. Já a classificação climática de Köppen estabeleceu que os tipos climáticos dos três municípios do Crajubar são iguais, um clima tropical com estação seca no inverno.

Palavras-Chave: balanço hídrico; Thornthwaite e Köppen; tipos climáticos.

1. INTRODUÇÃO

A partir dos atributos dos fatores atmosféricos de determinada região os sistemas de classificações climáticas designam os tipos climáticos, elementos fundamentais para o planejamento de atividades como da agricultura, turismo e indústria (Ayoade, 2003). As classificações climáticas têm como finalidade estruturar, resumir, descomplicar e informar o elevado número de dados sobre as particularidades do clima de uma determinada região, fundamentada na delimitação e detalhamento das variáveis climáticas da localidade (Nascimento *et al*., 2016).

Entre os diversos sistemas de classificações climáticas existentes podem-se ressaltar duas metodologias conhecidas como clássicas na literatura, destacando-se um método que engloba índices climáticos tendo como base o balanço hídrico climatológico (Thornthwaite, 1948; Thornthwaite; Mather, 1955) e outro largamente aplicado em estudos climatológicos (Köppen; Geiger, 1928), ambas as metodologias tem como finalidade caracterizar um domínio climático e disponibilizar informações sobre as condições climáticas locais (Matos et al., 2018).

O índice efetivo de umidade e de eficiência térmica são duas dimensões fundamentais diretas da evapotranspiração potencial que a metodologia de Thornthwaite fundamenta-se para a classificação climática de uma região (Ometto, 1981). Enquanto que, a precipitação pluviométrica e a temperatura do ar constituem duas variáveis climáticas que são parâmetros introdutórios para categorizar os tipos climáticos na classificação climática de Köppen-Geiger, mais especificamente, o volume e distribuição da precipitação e a incidência mensal e anual da temperatura do ar (Francisco *et al*., 2015).

As informações sobre o clima são relevantes para o planejamento das atividades em uma determinada região, pois de acordo com Costa Neto *et al*. (2014) o gerenciamento adequado dos recursos naturais disponíveis pode ser organizado através do conhecimento das características climáticas da região, desta forma, buscando um desenvolvimento sustentável, como a realização de práticas agrícolas rentáveis e seguras ao meio ambiente. A análise das situações climáticas e hidrológicas de um determinado domínio climático é fundamental para avaliação da disponibilidade hídrica, gestão dos recursos hídricos, planejamento e orientação quanto ao desenvolvimento das atividades local (Medeiros *et al*., 2013).

Em função da relevância de se conhecer o clima da região de interesse, o presente estudo visou Designar os tipos de clima dos municípios do Triângulo Crajubar no estado do Ceará utilizando os sistemas de classificação climática de Köppen e de Thornthwaite, tendo como base uma série histórica de 46 anos de dados climáticos, visando disponibilizar informações para o planejamento agrícola da região.

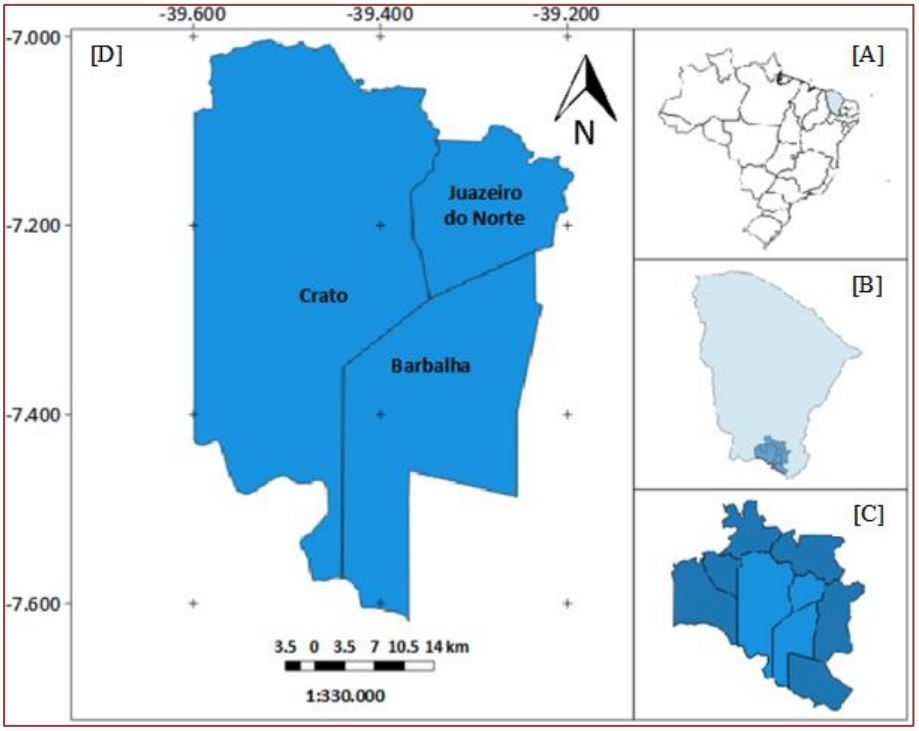
2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no Triângulo Crajubar, o qual é constituído pelos municípios de Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha, localizados na região sul do estado do Ceará, são as principais cidades da região metropolitana do Cariri, situados nos arredores da Chapada do Araripe na região do Cariri cearense, semiárido do Nordeste brasileiro (Figura 1).

Os municípios que compõem o Triângulo Crajubar encontram-se localizados nas

seguintes coordenadas geográficas: Crato 7º 14' 03" Sul, 39º 24' 34" Oeste e altitude de 426,7 m; Juazeiro do Norte 7º 12' 47" Sul, 39º 18' 55" Oeste e altitude de 377,3 m, e Barbalha 7° 18’ 40” Sul e 39° 18’ 15” Oeste e altitude de 415,7 m (IPECE, 2017).

Figura 1 - Localização do Triângulo Crajubar composto pelos municípios de Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha na região sul do estado do Ceará. [A] Brasil, [B] Ceará, [C] Região Metropolitana do Cariri e [D] Triângulo Crajubar.



Fonte: Oliveira Júnior *et al.* (2018).

No município de Crato o clima é do tipo Tropical Quente Semiárido Brando e Tropical Quente Sub-úmido, com precipitação pluviométrica média anual de 1090,9 mm, onde o período chuvoso ocorre de janeiro a maio e temperatura média de 24 a 26 ºC; Em Juazeiro do Norte o clima é do tipo Tropical Quente Semi-árido e Tropical Quente Semi-árido Brando, sendo a precipitação pluviométrica média anual de 925,1 mm, com período chuvoso de janeiro a maio e temperatura média de 24 a 26 ºC; e em Barbalha o clima é do tipo Tropical Quente Semi-árido Brando, a precipitação pluviométrica média anual é de 1.153,0 mm, o período chuvoso de janeiro a abril e temperatura média de 24 a 26 ºC (IPECE, 2017).

O cálculo do balanço hídrico climatológico foi realizado a partir de uma série histórica de 46 anos de dados de precipitação pluviométrica (P) e temperatura média do ar (T), referente ao período de 1974 a 2019.

Para o município de Barbalha, os dados de precipitação e temperatura do ar foram obtidos de uma estação meteorológica pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2020), já para Crato e Juazeiro do Norte, os dados de precipitação foram arranjados do posto pluviométrico da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME, 2020).

A temperatura do ar de Crato e Juazeiro do Norte foi estimada utilizando o programa Estima_T do núcleo de meteorologia da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) o qual utiliza o método da reta de regressão múltipla para estimar a temperatura média do ar (Cavalcanti *et al.*, 2006).

Estes dados de precipitação e temperatura do ar foram analisados quanto à coerência e preenchimento de falhas, em seguida, utilizou-se de planilhas do Microsoft Excel para estimar o balanço hídrico climatológico para o Triângulo Crajubar.

Utilizando uma planilha eletrônica do Excel e a metodologia proposta por Thornthwaite (1948) e Thornthwaite; Mather (1955) para a estimativa do balanço hídrico climatológico, foi possível computar o balanço de água por meio da entrada, armazenamento e saída de água do solo da área estudada. Conforme a metodologia, a precipitação corresponde a aumento e a evapotranspiração diminui a umidade do solo, ainda, determinou-se o período que ocorre excesso e déficit de água no solo e estimou-se a capacidade de armazenamento de água disponível no solo (CAD) de 100 mm.

Seguindo o método proposto por Thornthwaite (1948) foi calculada a evapotranspiração potencial (ETp) conforme a Equação 1.

$$ETp = Fc \cdot 16 \cdot \left(10\frac{T}{I}\right)^{a} \qquad (1)$$

Onde:

ETp = evapotranspiração potencial (mm ano^{-1});

Fc = fator de correção (conforme Tabela 1);

T = temperatura média (°C);

I = índice anual de calor corresponde a soma dos doze índices mensais; e

a = função cúbica do índice anual de calor, dada por: 6,75*10-7*I3-7,71*10-5*I2+0,01791*I+0,492.

Os fatores de correção (Fc) para cada mês do ano, propostos na metodologia de Thornthwaite (1948), são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Fator de correção (Fc) em função dos meses do ano (Thornthwaite, 1948).

Fator de correção (Fc)											
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1,80	0,97	1,05	0,99	1,01	0,96	1,00	1,01	1,00	1,06	1,05	1,10

Fonte: Unesco (1982).

Considerando a metodologia proposta por Thornthwaite (1948) e dados climáticos históricos de temperatura do ar e precipitação pluviométrica foi possível calcular os índices hídrico, aridez e de umidade, conforme demonstrados nas Equações 2, 3 e 4, respectivamente.

$$Ih = 100\frac{S}{ETp} \qquad (2)$$

$$Ia = 100\frac{D}{ETp} \qquad (3)$$

$$Iu = Ih - (0{,}6 * Ia) \qquad (4)$$

Onde:

Ih = índice hídrico (%);

Ia = índice de aridez (%);

Iu = índice de umidade (%);

S = excesso hídrico (mm ano^{-1});

D = deficiência hídrica (mm ano^{-1}); e

ETp = evapotranspiração potencial (mm ano^{-1}).

Estes índices são fundamentais para o procedimento de caracterização climática e na avaliação de adaptação de culturas a uma determinada região (Thornthwaite, 1948). Estas informações são de grande relevância para o planejamento agrícola da região.

A classificação climática conforme metodologia de Thornthwaite (1948) foi realizada a partir da determinação do balanço hídrico climatológico, dos índices hídrico, aridez e de umidade, do excesso de água no solo e da associação de ambos, respectivamente.

A partir do índice de umidade (Iu) sugerido na segunda classificação climática de Thornthwaite (1948), obtiveram-se os tipos climáticos por meio da interpolação na Tabela 2.

Tabela 2 - Tipos climáticos em função do índice de umidade (Thornthwaite, 1948).

Tipos de clima	Símbolos	Índice de umidade (Iu)
Super úmido	A	≥ 100
Úmido	B4	100 > Iu ≥ 80
Úmido	B3	80 > Iu ≥ 60
Úmido	B2	60 > Iu ≥ 40
Úmido	B1	40 > Iu ≥ 20
Úmido e subúmido	C2	20 > Iu ≥ 0
Seco e subúmido	C1	0 > Iu ≥ -20
Semiárido	D	-20 > Iu ≥ -40
Árido	E	-40 > Iu ≥ -60

Fonte: Barros *et al.* (2012); Francisco *et al.* (2015).

A classificação térmica foi determinada levando em consideração a evapotranspiração potencial anual em conformidade com a temperatura e o comprimento do dia, visto que, estas variáveis retratam as condições térmicas locais (Tabela 3).

Tabela 3 - Tipos climáticos em função da evapotranspiração potencial (Thornthwaite, 1948).

Tipos de Clima	Símbolos	Evapotranspiração potencial anual (ETp)
Megatérmico	A'	> 1.140
Mesotérmico	B'4	1.140 a 997
Mesotérmico	B'3	997 a 855
Mesotérmico	B'2	855 a 712
Mesotérmico	B'1	712 a 570
Microtérmico	C'2	570 a 427
Microtérmico	C'1	427 a 285
Tundra	D'	285 a 142
Gelo Perpétuo	E'	< 142

Fonte: Barros *et al.* (2012); Francisco *et al.* (2015).

O índice de aridez (Ia) é utilizado na subdivisão do clima quando os tipos de clima são caracterizados por Iu > 0, estes são designados genericamente por climas úmidos, ou seja, dos tipos, A, B4, B3, B2, B1 e C2, enquanto que, o índice de umidade (Iu) é aplicado para os demais tipos climáticos, com Iu < 0, isto é, os climas designados pelos símbolos C, D, e E, genericamente denominados como climas secos. A Tabela 4 apresenta estas subdivisões.

Tabela 4 - Subdivisões dos tipos climáticos em função do índice de aridez e de umidade (Thornthwaite, 1948).

Climas úmidos		Índice de Aridez (Ia)	Climas úmidos		Índice de umidade (Iu)
r	Pequena ou nenhuma deficiência	0 < Ia ≤ 16,7	d	Pequeno ou nenhum excesso hídrico	0 < Iu ≤ 10
S	Moderada deficiência	16,7 < Ia ≤ 33,3	S	Moderado excesso hídrico no inverno	10 < Iu ≤ 20
W	Moderada deficiência	16,7 < Ia ≤ 33,3	W	Moderado excesso hídrico no verão	10 < Iu ≤ 20
S2	Grande deficiência	> 33,3	S2	Grande excesso hídrico no inverno	> 20
W2	Grande deficiência	> 33,3	W2	Moderado excesso hídrico no verão	> 20

Fonte: Barros *et al.* (2012); Francisco *et al.* (2015).

Para obter o último símbolo da classificação climática de Thornthwaite (1948), determinou-se a concentração da evapotranspiração potencial na estação quente, que caracteriza a percentagem da evapotranspiração que ocorre nos meses j, k e l de temperatura mais elevada do ano, obtida conforme Equação 5.

$$Cv = 100\left(ETp_j + ETp_k + ETp_l\right)/ETp$$

Onde:

Cv = Concentração da evapotranspiração na estação mais quente (%);

ETpj = evapotranspiração potencial no mês j (mm.mês^{-1});

ETpk = evapotranspiração potencial no mês k (mm.mês^{-1});

ETpl = evapotranspiração potencial no mês l (mm.mês^{-1}); e

ETp = evapotranspiração potencial anual (mm.ano^{-1}).

Os três meses consecutivos de temperatura mais elevada do ano define a variabilidade da evapotranspiração potencial na estação quente (Cv), deste modo, foi estabelecido outros subtipos climáticos conforme a Tabela 5.

Tabela 5 - Subtipos climáticos em função da evapotranspiração potencial na estação mais quente (Thornthwaite, 1948).

Subtipos Climáticos	Cv (%)
a'	< 48,0
b'4	48,0 a 51,9
b'3	51,9 a 56,3
b'2	56,3 a 61,6
b'1	61,6 a 68,0
c'2	68,0 a 76,3
c'1	76,3 a 80,0
d'	> 80,0

Fonte: Barros *et al.* (2012); Francisco *et al.* (2015).

A partir das Tabelas 2, 3, 4 e 5 estabeleceu-se a fórmula climática identificada por quatro símbolos consecutivos, desta forma, obteve-se a classificação climática conforme a metodologia de Thornthwaite (1948) para a região estudada.

A classificação climática de acordo com a metodologia proposta por Köppen e simplificada por Setzer (1966) foi elaborada conforme a Tabela 6.

Tabela 6 - Chave para realizar a classificação climática pelo sistema de Köppen (Setzer, 1966).

<table>
<tr><th colspan="2">Temperatura média normal</th><th rowspan="2">Total de chuva do mês mais seco (Pms)</th><th rowspan="2">Total de chuva anual (P)</th><th colspan="3" rowspan="2">Descrição do tipo de clima segundo Köppen (Climas úmidos)</th><th rowspan="2">Símbolo</th></tr>
<tr><th>Mês mais frio</th><th>Mês mais quente</th></tr>
<tr><td rowspan="3">≥ 18 ºC</td><td rowspan="3">≥ 22ºC</td><td>≥ 60 mm</td><td></td><td colspan="2" rowspan="2">Tropical</td><td>Sem estação seca</td><td>Af</td></tr>
<tr><td rowspan="2">< 60 mm</td><td>< 2500 - 27,27. Pms</td><td rowspan="3">Inverno Seco</td><td>Aw</td></tr>
<tr><td>≥ 2500 - 27,27. Pms</td><td colspan="2">Tropical com chuvas excessivas</td><td>Am</td></tr>
<tr><td rowspan="4">< 18 ºC</td><td rowspan="2">< 30 mm</td><td rowspan="4"></td><td rowspan="4">Subtropical</td><td>Quente</td><td>Cwa</td></tr>
<tr><td>< 22 ºC</td><td>Temperado</td><td>Cwb</td></tr>
<tr><td>≥ 22 ºC</td><td rowspan="2">≥ = 30 mm</td><td>Quente</td><td rowspan="2">Sem estação seca</td><td>Cfa</td></tr>
<tr><td>< 22 ºC</td><td>Temperado</td><td>Cfb</td></tr>
</table>

Fonte: Rolim *et al.* (2007); Francisco *et al.* (2015).

Os dados dos índices hídrico, aridez e umidade, concentração da evapotranspiração potencial, temperatura do ar do mês mais frio e do mês mais quente, total de chuva do mês mais seco e do total de chuva anual dos municípios do Triângulo Crajubar foram analisados e apresentados em tabelas para um melhor entendimento dos resultados, ainda, os resultados alcançados foram interpretados à luz da literatura evidenciando as diferenças e semelhanças.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos dados climáticos de temperatura do ar e precipitação pluviométrica obtiveram-se o balanço hídrico, os índices hídrico, aridez e de umidade e a concentração da evapotranspiração potencial nos três meses consecutivos de temperatura mais elevada do ano. A classificação climática conforme a metodologia proposta por Thornthwaite foi estabelecida com fundamento nestas variáveis, conforme demonstra a Tabela 7.

Tabela 7 - Classificação climática de Thornthwaite para o Triângulo Crajubar no estado do Ceará.

Municípios	Ih	Ia	Iu	Cv	Tipo climático em função do índice de umidade (Iu)	Tipo climático em função da evapotranspiração Potencial (ETp)	Subtipo climático em função de Iu	Subtipo climático em função de (Cv)
	(%)							
Crato	15,8	42,8	-9,9	31,3	C_1	A’	W_2	a’
Juazeiro	8,5	48,2	-20,4	31,3	D	A’	W_2	a’
Barbalha	15,4	45,4	-11,8	31,5	C_1	A’	W_2	a’

Fonte: elaborada pelos autores (2024).

Juazeiro do Norte possui o menor índice hídrico, enquanto, Crato e Barbalha apresentam valores maiores, provavelmente em função destes municípios estarem localizados mais próximos da Chapada do Araripe. Ainda, Juazeiro do Norte possui o maior índice de aridez e menor índice de umidade, portanto, Juazeiro é uma localidade mais seca e com maior risco de degradação de áreas agrícolas. Em relação à concentração da evapotranspiração potencial no trimestre mais quente do ano, os valores são muito próximos para os três municípios.

Estes índices são fundamentados em estudos desenvolvidos nas condições do Sudeste Árido dos Estados Unidos da América e mais tarde adotado em todo o mundo, sendo de grande relevância na determinação do tipo climático de uma região (Thornthwaite, 1948). Observa-se na Tabela 7 a diferença destes índices, em especial para Juazeiro que se encontra mais distante da Chapada do Araripe.

A Chapada do Araripe localizada em meio ao clima do semiárido brasileiro possui maior umidade por está em uma região caracterizada por ser um reduto de Mata Atlântica. Onde, no lado Norte da Chapada do Araripe este clima é gerado por meio de condicionantes orográficos e litoestruturais peculiares (Dantas *et al*., 2018). Estas informações evidenciam o fato dos municípios de Crato e Barbalha possuírem maiores índices hídricos e de umidade.

Visando alcançar a fórmula climática conforme Thornthwaite utilizou-se do índice de umidade e estabeleceu-se o tipo de clima como Seco e Subúmido (C1) para Crato e Barbalha, enquanto, para Juazeiro é do tipo Semiárido (D). Os outros três símbolos da fórmula climática foram similares para os três municípios analisados, onde, considerando a evapotranspiração potencial definiu-se a classificação térmica como equivalendo a um clima Megatérmico (A'); visto que os índices de umidade são menores que zero, em geral denominados como climas secos, estes foram encaixado segundo o índice de umidade, logo, fomentando o subtipo climático (W_2), ou seja, um clima com moderado excesso hídrico no verão; e considerando a concentração da evapotranspiração potencial na estação quente (Cv) foi possível estabelecer outro subtipo climático (a'), isto significa que, este símbolo aponta o trimestre mais quente do ano e a concentração da evapotranspiração potencial durante este período.

Portanto, conforme o sistema de classificação climática de Thornthwaite os municípios de Crato e Barbalha possuem um clima Seco e Subúmido, megatérmico, com moderado excesso hídrico no verão e com 31,3% (Crato) e 31,5% (Barbalha) da evapotranspiração potencial anual concentrada no trimestre de temperaturas mais elevadas do ano. Enquanto Juazeiro do Norte possui um clima Semiárido, megatérmico, com moderado excesso hídrico no verão e com 31,3% da evapotranspiração potencial anual concentrada no trimestre de temperaturas mais elevadas do ano. Estes resultados estão de acordo com vários estudos desenvolvidos sobre a utilização de sistemas de classificação climática no semiárido brasileiro (Medeiros *et al*., 2015; Lima *et al*., 2017; Matos *et al*., 2018).

Constatou-se que o sistema de classificação climática de Thornthwaite considera mais detalhes e é mais especifico na caracterização do clima, quando comparado ao método de Köppen, principalmente no que diz respeito ao fator umidade da região estudada. Matos *et al*. (2018) relata que a classificação climática de Thornthwaite (1948) quando comparada a de Köppen; Geiger (1928) é mais especifica em função de levar em consideração os índices hídrico, aridez, umidade e a evapotranspiração potencial local. Estas variáveis climáticas são muito importantes na caracterização do clima local.

O sistema de classificação climática de Thornthwaite apresentou-se mais efetivo na especificação dos tipos de climas, a qual pode ser aplicada como auxilio no zoneamento agroclimático e gerenciamento de recursos hídricos (Terassi; Tommaselli, 2016). Ainda corroborando com estes resultados, Rolim *et al*. (2007) relata que a classificação climática de Thornthwaite possibilita diferenciar eficientemente os tipos de climas de uma determinada região, visto que, a metodologia é mais sensível as variáveis como temperatura do ar, precipitação total e relevo local, resultando em um maior número de tipos climáticos. Estas informações reafirmam a maior especificidade da metodologia de Thornthwaite. Ainda pode ser destacada a relevância destas informações para o planejamento agrícola da região.

A classificação climática conforme a metodologia de Köppen para cada município que compõe a região do Crajubar foi obtida a partir dos dados de temperatura do ar do mês mais frio e do mês mais quente, do total de chuva do mês mais seco e do total de chuva anual, de acordo com a Tabela 8.

Tabela 8 - Classificação climática de Köppen para o Triângulo Crajubar no estado do Ceará.

Municípios	Temperatura do mês mais frio (ºC)	Temperatura do mês mais quente (ºC)	Total de chuva do mês mais seco (mm)	Total de chuva anual (mm)	Clima tropical	Inverno Seco
Crato	24,1	27,4	2,2	1101,2	A	w
Juazeiro	24,5	27,8	0,2	952,9	A	w
Barbalha	24,3	27,4	2,5	1041,5	A	w

Fonte: elaborada pelos autores (2024).

O município de Crato possui a menor temperatura do ar no mês mais frio, enquanto que, Juazeiro do Norte a maior. Estas temperaturas mínimas na região do Crajubar ocorrem nos meses de junho e julho. Matos *et al*. (2020) menciona que a temperatura do ar média mensal mais baixa é de 25,6 ºC, ocorrida nos meses de junho e julho. Estes resultados reafirmam os obtidos no presente estudo. Medeiros *et al*. (2021) relata que no período chuvoso as variações da temperatura do ar resultam dos sistemas sinóticos atuantes nesta região.

Historicamente o mês de agosto é o menos chuvoso nesta região, no entanto, o município de Juazeiro do Norte é o mais seco durante esse período e Barbalha o mais chuvoso, contudo, o volume precipitado nesta época é muito baixo, sendo possível o cultivo somente com a utilização de sistemas de irrigação ou hidropônico. O Triângulo Crajubar encontra-se localizado na região Nordeste do Brasil. As massas de ar úmidas e frias que chegam do Sul do país pouco influenciam esta extensão territorial, resultando em precipitações baixas e de forma irregular ao longo do ano (Neves, 2002; Souza, 2019). Barboza *et al*. (2020) observou nos anos de seca desta região forte atuação do fenômeno El Nino (Oscilação Sul nas Chuvas da Região). Estes fatos explicam as irregularidades na distribuição de chuvas no Triângulo Crajubar.

Nos municípios do Crajubar a temperatura do mês mais frio é maior que 18 ºC e do mês mais quente maior que 22 ºC, o total de chuva do mês mais seco é menor que 60 mm e o total de chuva anual é menor que 2500 mm, o que de acordo com a classificação climática de Köppen o clima da região é do tipo tropical com estação seca no inverno (Aw). Nesta região o inverno é seco e a quadra chuvosa coincide com a estação do verão.

De acordo com Brito; Silva (2016), no Vale do Cariri, região que se encontra o Triângulo Crajubar, o clima é do tipo tropical chuvoso - Aw, onde, o que caracteriza o clima da região é uma queda da temperatura do ar e acréscimo da precipitação. Enquanto Lima *et al*. (2017) relatam que na Região Metropolitana do Cariri, onde encontra-se o Triângulo Crajubar, o clima é Aw, ou seja, do tipo tropical com estação seca, megatérmico conforme o grupo A da classificação climática de Köppen, ainda, também é conhecido como clima de savana. Estes resultados corroboram com o tipo climático obtido no presente estudo.

4. CONCLUSÕES

O sistema de classificação climática de Thornthwaite foi mais especifico na caracterização do clima da região do Crajubar, uma vez que designou os tipos de clima dos municípios de Crato e Barbalha como Seco e Subúmido, enquanto, caracterizou o tipo climático de Juazeiro do Norte como Semiárido.

Entre as variáveis consideradas no estudo o índice de umidade teve maior especificidade da classificação climática de Thornthwaite.

O sistema de classificação climática de Köppen estabeleceu que os tipos climáticos dos três municípios que constituem o Crajubar são iguais, ou seja, clima tropical com estação seca no inverno.

As variáveis temperatura do ar, precipitação pluviométrica, índice de umidade e evapotranspiração potencial foram determinantes para a designação dos tipos climáticos da região do Triângulo Crajubar.

Os resultados obtidos são de grande relevância para a demarcação de regiões com potencial agroclimático e planejamento agrícola local, como seleção de cultivares precoces, escolha das épocas de preparo do solo, adubação, plantio, irrigação, tratos culturais, colheita e comercialização da produção.

REFERÊNCIAS

[1] AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. 332 p.

[2] BARBOZA, E. N. *et al*. Análise das chuvas na Região Metropolitana do Cariri e a influência do fenômeno climático El Niño - Oscilação do Sul. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. e758974971, 2020.

[3] BARROS, A. H. C. *et al*. **Climatologia do Estado de Alagoas**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n.211. Embrapa Solos, Recife, 2012.

[4] BRITO, D. S.; SILVA, F. M. A. Análise das distribuições pluviométricas municipais no Triângulo CRAJUBAR / CE (1985 - 2015). XII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 12, 2016, Goiânia. **Anais...** Goiânia-GO: ABclima, 2016.

[5] CAVALCANTI, E. P. *et al*. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 1, p. 140-147, 2006.

[6] COSTA NETO, F. A. *et al*. Balanço hídrico como planejamento para a cidade de Olivedos-PB. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, CONTECC, 2014. **Anais...** Teresina, 2014.

[7] DANTAS, M. E. *et al*. A geodiversidade da Chapada do Araripe: de Padre Cícero a Luiz Gonzaga. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 12., 2018, Crato. **Anais...** Crato: Universidade Regional do Cariri, 2018.

[8] FRANCISCO, P. R. M. *et al*. Classificação climática de Köppen e Thornthwaite para o Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 8, 1006-1016, 2015.

[9] FUNCEME. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, 2020. **Séries Históricas**. Disponível: http://www.funceme.br/areas/monitoramento/download-deseries-historicas. Acesso. 15 set. 2020.

[10] INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados Meteorológicos**, 2020. Disponível: https://portal.inmet.gov.br/. Acesso. 15 set. 2020.

[11] IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará, 2017. **Perfil municipal**. Fortaleza. Disponível: https://www.ipece.ce.gov.br/perfil-municipal-2017/. Acesso: 18 set. 2019.

[12] KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlagcondicionadas. Justus Perthes. n.p. 1928.

[13] LIMA, M. T. V. *et al*. Koppen-Geiger and Thornthwaite climatic classification for the metropolitan region of the Cariri, Ceará. **Revista Geama**, v. 3, n. 3, p. 136-143, 2017.

[14] MATOS, R. M. *et al*. Uso de sistemas de classificação climática para o município de Barbalha – CE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, n. 3, p. 877-885, 2018.

[15] MATOS, R. M. *et al*. Balanço hídrico climatológico normal e sequencial para o município de Barbalha – CE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 3, p. 973-982, 2020.

[16] MEDEIROS, R. M. *et al*. Análise Climatológica, Classificação Climática e Variabilidade do Balanço Hídrico Climatológico na Bacia do Rio Uruçuí Preto, PI. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 4, p. 652- 664, 2013.

[17] MEDEIROS, R. M. *et al*. Oscilação da precipitação, umidade relativa e temperatura mínima do ar em Barbalha – CE, Brasil. **Revista Científica Multidisciplinar**, v. 2, n. 11, p. 1-15, 2021.

[18] MEDEIROS, R.M. *et al*. Caracterização climática e diagnóstico da aptidão agroclimática de culturas para Barbalha – CE. **Revista Enciclopédia Biosfera**, v. 11, p. 461-476, 2015.

[19] NASCIMENTO, D. T. F. *et al*. Panorama dos sistemas de classificação climática e as diferentes tipologias climáticas referentes ao estado de Goiás e ao Distrito Federal (Brasil). **Elisée - Revista de Geografia da UEG**, v. 5, n. 2, p. 59-86, 2016.

[20] NEVES, F. C. **Seca - história e cotidiano**. Brasil: Demócrito Rocha. 2002. P.134.

[21] OLIVEIRA JÚNIOR, A. I. *et al*. Diagnóstico de canteiros de obras situados na conurbação Crajubar no cariri cearense. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 14, n. 2, p. 135-147, 2018.

[22] OMETTO, J. C. 1981. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres Ltda., 413p.

[23] ROLIM, G. S. *et al*. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o Estado de São Paulo. **Revista Bragantia**, v. 66, p. 711-720, 2007.

[24] SETZER, J. **Atlas Climático e Ecológico do Estado de São Paulo**. Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguai. São Paulo, 1966.

[25] SOUSA, S. G. Análise temporal do comportamento da precipitação pluviométrica na Região Metropolitana do Cariri (CE), Brasil. **Revista Geográfica de América Central**, v. 2, n. 63, p. 319-332 2019.

[26] TERASSI, P. M. B.; TOMMASELLI, J.T.G. Avaliação de sistemas de classificação climática para a vertente paranaense da bacia hidrográfica do rio Itararé. **Caderno de Geografia**, v. 26, p. 877-896, 2016.

[27] THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, v. 38, p. 55-94, 1948.

[28] THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J.R. **The water balance**. Publication in Climatology, n.8, Laboratory of Climatology, Centerton, N. J. 1955.

[29] UNESCO. 1982. **Mexico City Declaration on Cultural Policies World Conference on Cultural Policies Mexico City**, 26 July - 6 August, 1982.

Capítulo 5

Déficit de água no solo é fator limitante ao cultivo de feijão e milho no Triângulo Crajubar

Rigoberto Moreira de Matos
https://orcid.org/0000-0003-3455-9876

Resumo: As condições agroclimáticas determinam quais culturas agrícolas podem ser cultivadas em uma determinada região, logo, o conhecimento das condições hídricas e climáticas é fundamental para o planejamento agrícola, pois possibilita determinar a menor época de plantio e escolher as culturas que melhor se adaptam a região. Diante disso, objetivou-se com este estudo determinar a aptidão agroclimática do Triângulo Crajubar para o cultivo de feijão e milho. O estudo foi realizado no Triângulo Crajubar, composto pelos municípios de Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha no estado do Ceará. Utilizou-se 46 anos de dados climáticos de precipitação e temperatura média do ar para realizar o balanço hídrico, evapopluviograma, calcular os índices e determinar a aptidão agroclimática da região para o cultivo de feijão e milho. A aptidão agroclimática do Triângulo Crajubar para o cultivo de feijão é moderada e inapta para produção de milho. O desenvolvimento e produtividade das culturas nesta região é limitada principalmente pelo déficit de água no solo que ocorre durante oito meses do ano. O planejamento agrícola como época de semeadura, uso de variedades precoces e irrigação das culturas é essencial para alcançar máxima produtividade.

Palavras-chave: balanço hídrico; evapopluviograma; culturas; potencial agrícola.

1. INTRODUÇÃO

As variáveis climáticas exercem grande influência sobre as diferentes atividades socioeconomicas de uma determinda região. A precipitação é um dos componentes climáticos crucial no progresso das atividades humanas, impactando a economia (Sleiman; Silva, 2008). A variabilidade da precipitação pluvial em áreas áridas e semiáridas representam obstáculos para a agricultura de sequeiro, método de subsistência usado por pequenos agricultores familiares no semiárido do Nordeste brasileiro (Alves; Azevedo, 2013).

É crucial entender as condições climáticas para planejar os cultivos e o manejo durante o ciclo da cultura (Marengo *et al*., 2004). Para tanto, pode-se utilizar a ferramenta do balanço hídrico, uma vez que este leva em conta a textura do solo, a profundidade efetiva das raízes da cultura e o fluxo de água no solo ao longo do ano (Matos *et al*., 2014). A compreensão do balanço hídrico proporciona subsídios para a seleção de culturas adaptáveis a uma condição climática predominante (Araújo *et al*., 2019).

O uso do balanço hídrico proposto por Thornthwaite (1948) e Thornthwaite; Mather (1955), como instrumento de gestão da irrigação, visa orientar ações de planejamento na produção de culturas agrícolas para uma determinada região, proporcionando maior rentabilidade dos cultivos (Medeiros *et al*. 2015). Esta ferramenta fornece a quantidade de água disponível no solo para o crescimento vegetal, ou seja, contabiliza a entrada (chuva e/ou irrigação) e a saída (evapotranspiração), levando em conta a capacidade específica do solo de armazenar água (Medeiros *et al*. 2013). Por meio dos índices de aridez, umidade e hídrico o balanço hídrico caracteriza muito bem o potencial climatológico de determinado local (Francisco *et al*., 2018).

O evapopluviograma é um climograma adaptado a partir de variáveis do balanço hídrico, utilizado para analisar as condições climáticas adaptáveis às culturas a ser cultivadas em uma determinada região (Francisco *et al*., 2018). A partir do balanço hídrico e do evapopluviograma é possível determinar a aptidão agroclimática de uma região, o que permite não só a seleção das culturas, mas também a aplicação de métodos de gestão adequados, como a necessidade de irrigação durante todo o ciclo da cultura ou parte dele (Matos *et al*. 2015).

As variáveis climáticas como temperatura do ar e precipitação pluviométrica possuem influencia direta sobre as condições hídricas do solo, além disso, estão relacionadas com o desenvolvimento e produtividade das culturas, portanto, é essencial conhecer o quanto de água está sendo retirado do solo por meio da evapotranspiração, o quanto está entrando através da precipitação e o quanto encontra-se armazenado no solo e, a partir disto, determinar quais culturas melhor se adaptam ao cultivo na região. Visto isso, objetivou-se com este estudo determinar a aptidão agroclimática do Triângulo Crajubar para o cultivo de feijão e milho.

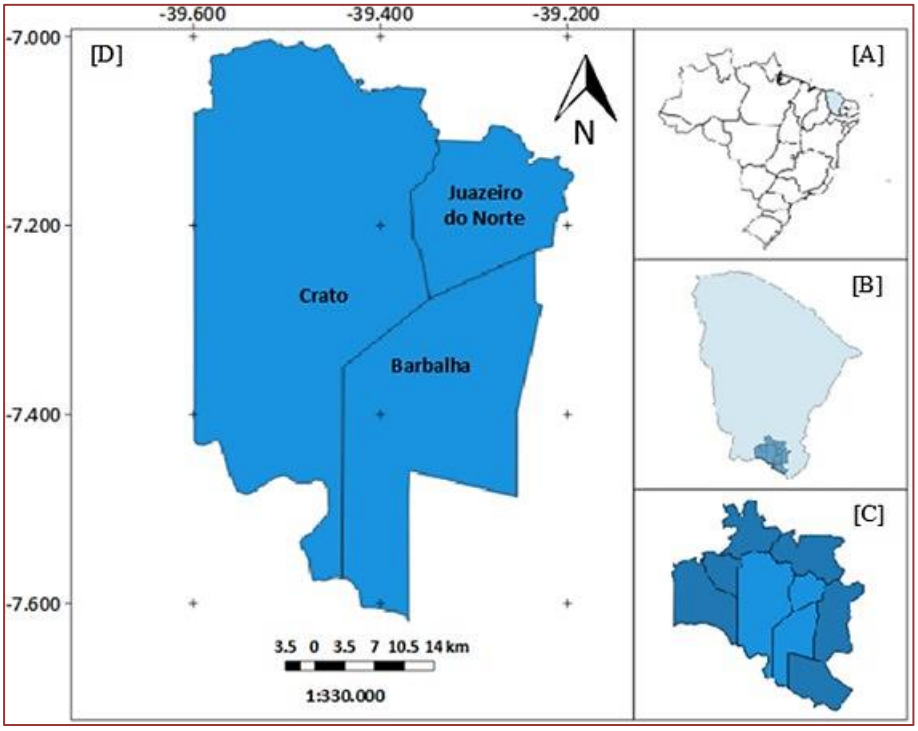
2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi realizada no Triângulo Crajubar, formado pelos municípios de Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha, situados na porção sul do Ceará. Essas cidades são as principais da região metropolitana do Cariri, localizadas nas proximidades da Chapada do Araripe, no Cariri cearense, região semiárida do Nordeste brasileiro, conforme ilustrado

na Figura 1.

Figura 1 - Localização dos municípios de Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha no Triângulo Crajubar na região sul do estado do Ceará. Legenda: [A] Brasil, [B] Ceará, [C] Região Metropolitana do Cariri e [D] Triângulo Crajubar.



Fonte: Oliveira Júnior *et al.* (2018).

O município de Crato encontra-se localizado nas coordenadas geográficas 7º 14' 03" Sul, 39º 24' 34" Oeste e altitude de 426,7 m; Juazeiro do Norte nas coordendas 7º 12' 47" Sul, 39º 18' 55" Oeste e altitude de 377,3 m, e Barbalha nas coordenadas 7° 18’ 40” Sul e 39° 18’ 15” Oeste e altitude de 415,7 m (IPECE, 2017).

Em Crato o período chuvoso ocorre de janeiro a maio, com precipitação pluviométrica média anual de 1090,9 mm e temperatura média do ar de 24 a 26 ºC. O período chuvoso em Juazeiro do Norte incide de janeiro a maio, sendo a precipitação pluviométrica média anual de 925,1 mm e temperatura média do ar de 24 a 26 ºC e Barbalha possui período chuvoso de janeiro a abril, com precipitação pluviométrica média anual é de 1.153,0 mm e temperatura média de 24 a 26 ºC (IPECE, 2017).

2.2. DADOS CLIMÁTICOS

A realização do cálculo do balanço hídrico climático baseou-se numa série histórica de 46 anos de dados climáticos de precipitação pluviométrica (P) e temperatura média do ar (T), abrangendo o período de 1974 a 2019 para cada município da região do Crajubar. Estas informações sobre precipitação e temperatura do ar foram examinadas quanto à consistência e à correção de falhas.

O programa Estima_T, do núcleo de meteorologia da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), foi empregado para estimar a temperatura média do ar em Crato e Juazeiro do Norte. Este programa emprega o método da reta de regressão múltipla para calcular a temperatura média do ar (Cavalcanti *et al.*, 2006). Enquanto que, os dados de precipitação destes municípios foram obtidos do posto pluviométrico da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME, 2020). Para Barbalha, os dados de precipitação e temperatura do ar foram conseguidos de uma estação meteorológica convencional pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2020).

2.3. BALANÇO HÍDRICO

O método proposto por Thornthwaite (1948) e Thornthwaite; Mather (1955) para a estimativa do balanço hídrico climático permitiu calcular o balanço de água através da entrada, armazenamento e liberação de água do solo na região analisada. De acordo com a metodologia, a precipitação provoca um aumento e a evapotranspiração reduz a umidade do solo.

Além disso, estabeleceu-se o intervalo em que há excesso e escassez de água no solo e calculou-se a capacidade de armazenamento de água disponível no solo (CAD) de 100 mm. Conforme o método sugerido por Thornthwaite (1948), a evapotranspiração potencial (ETp) foi determinada de acordo com a Equação 1.

$$ETp = Fc \cdot 16 \cdot \left(10\frac{T}{I}\right)^{a} \qquad (1)$$

Onde:

ETp = evapotranspiração potencial (mm ano^{-1});

Fc = fator de correção (Tabela 1);

T = temperatura média do ar (°C);

I = índice de calor anual, representa a soma dos índices mensais; e

a = função cúbica do índice de calor anual, da seguinte maneira: a = 6,75*10^{-7}*I^{3}-7,71*10^{-5}*I^{2}+0,01791*I+0,492.

Thornthwaite (1948) propôs em sua metodologia os fatores de correção (Fc) para cada mês do ano os quais encontram-se expostos na Tabela 1.

Tabela 1 - Fatores de correção (Fc) para cada um dos meses do ano.

Fator de correção (Fc)											
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1,80	0,97	1,05	0,99	1,01	0,96	1,00	1,01	1,00	1,06	1,05	1,10

Fonte: Unesco (1982).

A partir dos dados climáticos históricos de temperatura do ar e precipitação pluviométrica e da metodologia de Thornthwaite (1948) foram estimados os índices hídrico, aridez e umidade de acordo com as Equações 2, 3 e 4, respectivamente.

$$Ih = 100\frac{S}{ETp} \qquad (2)$$

$$Ia = 100\frac{D}{ETp} \qquad (3)$$

$$Iu = Ih - (0{,}6 * Ia) \qquad (4)$$

Onde:

Ih = índice hídrico (%);

Ia = índice de aridez (%);

Iu = índice de umidade (%);

S = excesso hídrico (mm ano^{-1});

D = deficiência hídrica (mm ano^{-1}); e

ETp = evapotranspiração potencial (mm ano^{-1}).

2.4. EVAPOPLUVIOGRAMA

O evapopluviograma é um climograma adaptado ao balanço hídrico, foi criado para estudar as condições climáticas de uma região mais apropriadas para as culturas. Utilizando o sistema de coordenadas ortogonais a evapotranspiração potencial é representada em função da precipitação, assim, obtemos o evapopluviograma como resultado.

O diagrama está segmentado em seis setores hídricos, onde os valores de precipitação refletem diversos múltiplos e submúltiplos da evapotranspiração potencial, além de quatro zonas térmicas com valores que refletem as restrições e demandas térmicas da cultura.

2.5. ÍNDICES CULTURAIS E HÍDRICOS

Os índices: hídrico (Ih), vegetação (Iv), repouso por seca (Irs) e repouso por frio (Irf) foram calculados através das Equações 5, 6, 7 e 8, conforme indicado por Matos *et al*. (2014); Araújo *et al*. (2019).

$$Ih = N°P * V \qquad (5)$$

$$Iv = N°P * V \qquad (6)$$

$$Irs = N°P * V \qquad (7)$$

$$Irf = N°P * V \qquad (8)$$

Onde:

Ih = índice hídrico;

Iv = índice de vegetação;

Irs = índice de repouso por seca;

Irf = índice de repouso por frio;

Nº P = quantidade de pontos no evapopluviograma dentro de cada setor hídrico e faixa térmica; e

V = valor dos Ih, Iv, Irs e Irf dentro de cada setor hídrico e faixa térmica no evapopluviograma.

2.6. APTIDÃO CLIMÁTICA

Aplicamos os valores dos índices na Tabela 2 para avaliar a aptidão climática da região, categorizando as culturas do feijão e milho em aptidão plena, moderada, restrita e inapta.

Tabela 2 - Aptidão agroclimática para o cultivo de feijão e milho.

Cultura	Aptidão	Índice	Deficiência/excesso
Feijão	Plena	Iv > 30, 1 < Irs < 5, D > 20 mm, T > 22 ºC	Melhores condições climáticas para o desenvolvimento da cultura.
	Moderada	25 < Iv < 30 D > 20 mm, T > 22 ºC	Período vegetativo curto. Aptidão plena para variedades precoces.
	Restrita	2 < Iv < 25	Deficiência hídrica acentuada, necessitando suprimento d'água por irrigação.
	Inapta	Iv < 20, D > 20 mm	Cultivo inapropriado por insuficiência hídrica acentuada. Cultivo possível apenas com irrigação.
Milho	Plena	40 < Iv < 60, D > 0, T > 19 ºC	Condições hídricas e térmicas satisfatórias para o desenvolvimento da cultura.
	Moderada	30 < Iv < 40, D < 0, S < 500 mm	Pequena insuficiência hídrica no período vegetativo, com umidade excessiva na maturação. Aptidão plena para precoces.
	Restrita	Iv < 20	Deficiência hídrica severa para o desenvolvimento da cultura, ou insuficiência térmica.
	Inapta	Ih > -10, D > 100 mm, S < 500 mm	Deficiência hídrica muito severa, tornando inviável o cultivo do milho.

Legenda: T = temperatura do ar média anual, D = deficiência hídrica anual, S = excesso hídrico anual, Ih = índice hídrico, Iv = índice de vegetação e Irs = índice de repouso por seca (Irs).

Fonte: Ometto (1981).

Os resultados do balanço hídrico, evapopluviogramas, índices e a aptidão agroclimática para as culturas do feijão e milho no Triângulo Crajubar foram examinados e organizados em tabelas e gráficos para facilitar a compreensão. Além disso, os resultados obtidos foram interpretados com base na literatura, destacando as diferenças e similaridades.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO

O balanço hídrico climatológico da série histórica de 1974 a 2019 de dados climáticos para o município de Crato no Triângulo Crajubar encontra-se na Tabela 3.

Tabela 3 - Balanço hídrico climatológico para o município de Crato no Triângulo Crajubar.

Crato	T	P	ETp	D	S
	(°C)	(mm)			
Média anual	25,8	- - -	125,7	- - -	- - -
Total anual	- - -	1101,2	1508,3	-645,7	238,7

Legenda: T = temperatura média do ar, P = precipitação pluviométrica, ETp = evapotranspiração potencial, D = deficiência hídrica e S = excesso hídrico.

Fonte: elaborada pelo autor (2025).

No município de Crato a temperatura média do ar anual é 25,8 ºC, a precipitação pluviométrica 1.101,2 mm, sendo P menor em 407,1 mm quando comparada a evapotranspiração potencial (1508,3 mm), portanto, nesta região a retirada de água do solo é maior que a reposição, isto resulta em uma deficiência hídrica anual de -645,7 mm, enquanto que, ocorre um pequeno excesso de água de 238,7 mm durante o período chuvoso.

A temperatura do ar encontra-se dentro da faixa ideal para o cultivo das principais culturas da região, pois estas demonstram um bom desenvolvimento fisiológico em temperaturas entre 18 a 34 ºC (Matos *et al*., 2014). Medeiros *et al*. (2015) relata que em Barbalha, município que faz divisa com Crato, a distribuição da precipitação pluvial mensal é irregular, onde as maiores chuvas ocorrem entre os meses de janeiro a abril, sendo este a quadra chuvosa da região, porém é comum a ocorrência de veranicos ao longo desta época.

A Tabela 4 apresenta o balanço hídrico climático da série histórica de 1974 a 2019 de dados climáticos para o município de Juazeiro do Norte, situado no Triângulo Crajubar.

Tabela 4 - Balanço hídrico climatológico para o município de Juazeiro do Norte no Triângulo Crajubar.

Juazeiro do Norte	T	P	ETp	D	S
	(°C)	(mm)			
Média anual	26,2	- - -	131,6	- - -	- - -
Total anual	- - -	952,9	1579,1	-760,7	134,5

Legenda: T = temperatura média do ar, P = precipitação pluviométrica, ETp = evapotranspiração potencial, D = deficiência hídrica e S = excesso hídrico.

Fonte: elaborada pelo autor (2025).

Quando comparado a Crato, o município de Juazeiro do Norte possui uma maior temperatura do ar média anual (26,2 ºC) e uma menor precipitação pluviométrica anual (952,9 mm), logo, essas diferenças resulta em uma maior evapotranspiração potencial anual (1579,1 mm), maior deficiência hídrica (-760,7 mm) e menor excesso hídrico (134,5

mm), portanto, o aumento da temperatura e a diminuição da precipitação resulta em maior perda de água por evapotranspiração, aumento do déficit de água e menor excesso de água no solo durante o período chuvoso da região.

As precipitações registradas de junho a novembro são classificadas como abaixo da evapotranspiração efetiva, não sendo adequadas para a produção agrícola de sequeiro e contribuindo pouco para o armazenamento de água no solo, tornando necessário o fornecimento de água para os plantios por meio da irrigação (Medeiros *et al*., 2015). Verifica-se que a precipitação e evapotranspiração deve ser monitorada ao longo do ano, visto que, estão relacionadas com o déficit e excesso de água no solo.

O balanço hídrico para o município de Barbalha localizado no Triângulo Crajubar é apresentado na Tabela 5, onde foi utilizada uma série histórica de 1974 a 2019 de dados climáticos.

Tabela 5 - Balanço hídrico climatológico para o município de Barbalha no Triângulo Crajubar.

Barbalha	T	P	ETp	D	S
	(°C)	(mm)			
Média anual	24,7	- - -	123,9	- - -	- - -
Total anual	- - -	1041,5	1486,2	-674,1	229,4

Legenda: T = temperatura média do ar, P = precipitação pluviométrica, ETp = evapotranspiração potencial, D = deficiência hídrica e S = excesso hídrico.

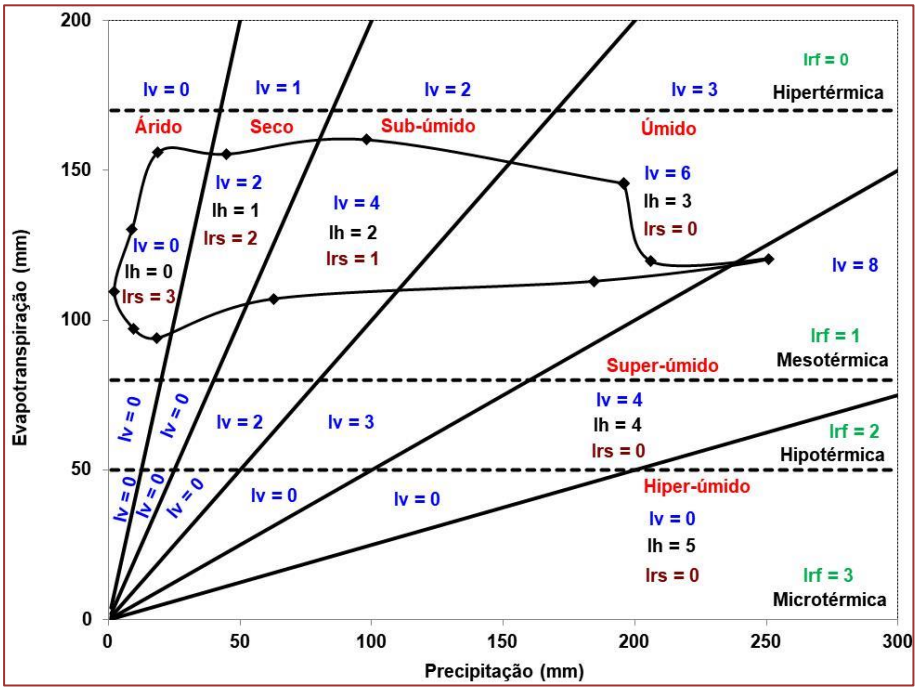
Fonte: elaborada pelo autor (2025).

Em Barbalha os valores das variáveis relacionadas ao balanço de água no solo são similares a aqueles do município de Crato, uma vez que, os municípios de Crato e Barbalha encontram-se inseridos na Chapada do Araripe, ao passo que, Juazeiro do Norte lacaliza-se mais afastado da Floresta Nacional do Araripe. De acordo com Alves *et al*. (2011) a Floresta Nacional do Araripe possui temperatura do ar oscilando de 15 a 25 ºC e precipitação média anual de 1.000 mm por ano. Diante disso, podemos inferir que Crato e Barbalha possuem menor temperatura do ar média anual e maior precipitação média anual quando comparados a Juazeiro do Norte em função de estarem inseridos na Floresta Nacional do Araripe, pois na floresta a temperatura do ar é menor e ocorre um maior volume de chuvas anualmente.

3.2. EVAPOPLUVIOGRAMAS

O evapopluviograma com os setores hídricos e faixas térmicas para o município de Crato no Triângulo Crajubar encontra-se na Figura 2.

Figura 2 - Evapopluviograma de Crato no Crajubar.

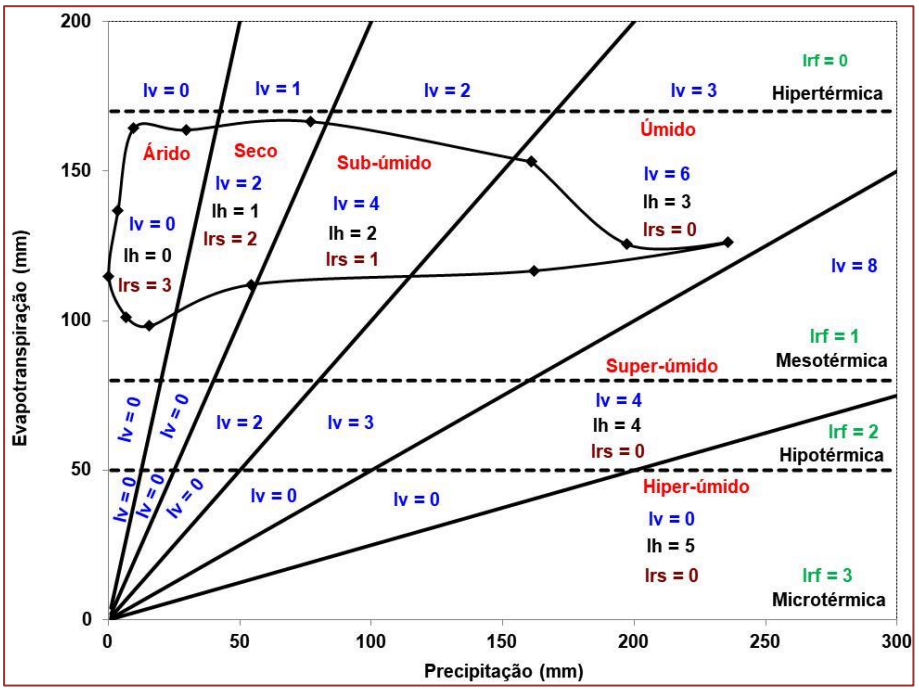


Fonte: elaborada pelo autor (2025).

Observa-se no evapopluviograma que no município de Crato a interação precipitação versus evapotranspiração ao longo do ano encontra-se dentro da faixa Mesotérmica, onde de junho a outubro está inserido no setor árido, contudo, no mês de março, sendo este o mês mais chuvoso (250,8 mm), se enquadra no setor super-úmido. A disposição da evapotranspiração potencial e precipitação pluvial no evapopluviograma, resultando nas quatro zonas térmicas e nos seis setores de hídricos, são instrumentos eficientes para a caracterização do clima de uma região específica para a exploração de uma determinada cultura (Alves; Azevedo, 2013).

A Figura 3 apresenta o evapopluviograma com os setores de hídricos e as zonas térmicas para o município de Juazeiro do Norte, situado no Triângulo Crajubar.

Figura 3 - Evapopluviograma para o município de Juazeiro do Norte no Triângulo Crajubar.

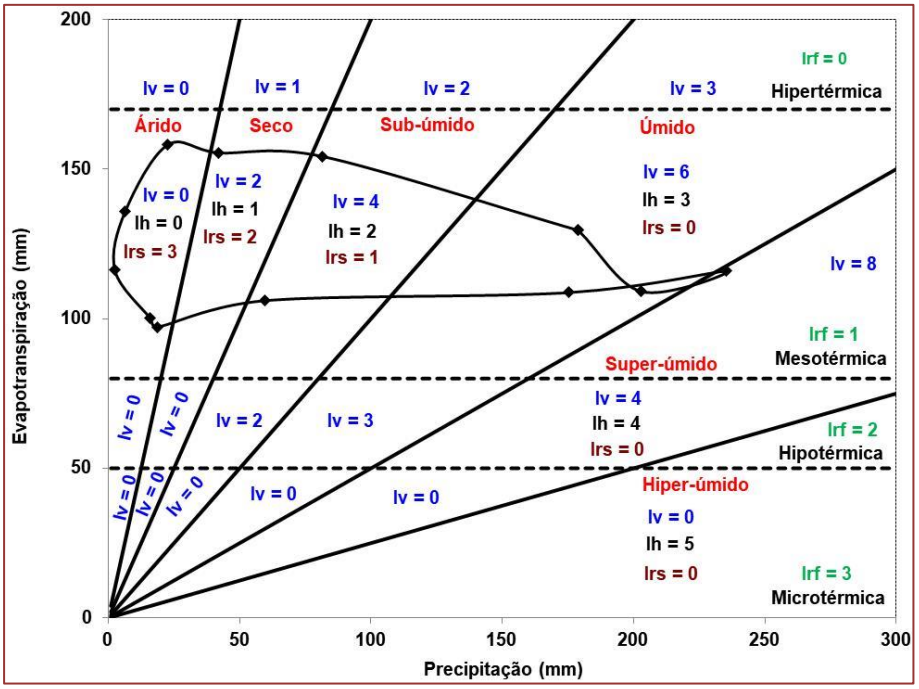


Fonte: elaborada pelo autor (2025).

Em Juazeiro do Norte de junho a novembro se enquadra no setor árido, ou seja, um mês a mais quando comparado a Crato e Barbalha. Outro fato observado é que mesmo no mês de março sendo o mais chuvoso com média de 235,7 mm, valor próximo ao observado em Barbalha (235,2 mm) Juazeiro não foi inserido no setor super-úmido, diferenciando-se de Crato e Barbalha. Isso ocorreu em função da evapotranspiração potencial de Juazeiro (126,1 mm) ser maior que a de Barballha (115,9 mm), logo, o mês mais chuvoso de Juazeiro foi inserido no setor úmido. A evapotranspiração tem um impacto considerável nos climas áridos, ao esgotar as águas subterrâneas, impactando a distribuição da vegetação e contribuindo para elevadas taxas de evaporação (Hongzhang *et al*., 2011). Portanto, a maior ETp observada em Juazeiro do Norte contribuíu para um maior período do município inserido no setor árido.

O evapopluviograma para o município de Barbalha no Triângulo Crajubar com os setores hídricos e faixas térmicas estão expostos na Figura 4.

Figura 4 - Evapopluviograma para o município de Barbalha no Triângulo Crajubar.



Fonte: elaborada pelo autor (2025).

Assim como, ocorreu em Crato e Juazeiro do Norte, Barbalha também se enquadrou dentro da faixa Mesotérmica, onde, de junho a outubro está inserido no setor hídrico árido e no mês de março com maior volume de chuvas anualmente é enquadrado como super-úmido. Portanto, os municípios de Crato e Barbalha possuem condições climáticas semelhantes por estarem inseridos na Floresta Nacional do Araripe, ao passo que, Juazeiro encontra-se afastado desta floresta, onde o município é caracterizado pela maior evapotranspiração e menor precipitação pluviométrica anual. Esses resultados são consistentes com diversos estudos conduzidos para o semiárido do Brasil (Medeiros *et al.*, 2015; Araújo *et al.*, 2019).

3.3. ÍNDICES CULTURAIS E HÍDRICOS

Os resultados dos índices de vegetação (Iv), repouso por seca (Irs), repouso por frio (Irf) e hídrico (Ih) obtidos a partir do balanço hídrico e do evapopluviograma para cada município do Triângulo Crajubar encontram-se na Tabela 6.

Tabela 6 - Índices para os municípios de Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha no Triângulo Crajubar.

Municípios	Ih	Iv	Irs	Irf
Crato	18	36	19	12
Juazeiro do Norte	14	28	22	12
Barbalha	18	36	19	12

Fonte: elaborada pelo autor (2025).

Os municípios de Crato e Barbalha possuem os mesmos valores de índices de vegetação, repouso por seca, repouso por frio e hídrico, ao passo que, Juazeiro do Norte apresenta menores valores de índice hídrico, índice de vegetação e índice de repouso por seca. Estas diferenças podem ser atribuídas a fatores como precipitação pluviométrica, evapotranspiração potencial, déficit de água no solo, tipo de vegetação e altitude do local.

O Ih representa as condições hídricas predominantes no decorrer do ano, incluindo períodos de seca e de chuva e o Iv reflete a capacidade vegetativa da região, baseada nas condições térmicas e hídricas disponíveis, e representa um índice anual de vegetação para cada local (Araújo *et al*., 2019). O Irs sinaliza a existência e a severidade da seca fora da época de crescimento das plantas e o Irf corresponde às condições de temperatura inadequadas para o desenvolvimento normal da cultura (Francisco *et al*., 2018).

3.4. APTIDÃO CLIMÁTICA

A temperatura do ar média anual (T), a deficiência hídrica anual (D), o excesso hídrico anual (S), o índice hídrico (Ih) e os índices de vegetação (Iv) e de repouso por seca (Irs), obtidos para cada município do Triângulo Crajubar foram comparados com a Tabela 2 para avaliar a aptidão agroclimática do feijão e milho, assim, foram alcançados os resultados expostos na Tabela 7.

Tabela 7 - Aptidão agroclimática dos municípios de Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha no Triângulo Crajubar para o cultivo de feijão e milho.

Municípios	Feijão	Milho
	---------- Aptidão climática ----------	
Crato	Moderada: D > 20 mm, T > 22 ºC	Inaptidão: Ih > -10, D > 100 mm e S < 500 mm
Juazeiro do Norte	Moderada: D > 20 mm, T > 22 ºC	Inaptidão: Ih > -10, D > 100 mm e S < 500 mm
Barbalha	Moderada: D > 20 mm, T > 22 ºC	Inaptidão: Ih > -10, D > 100 mm e S < 500 mm

Fonte: elaborada pelo autor (2025).

A aptidão agroclimática do Triângulo Crajubar para o cultivo de feijão é moderada, ou seja, a região possui aptidão plena para variedades precoces, enquanto que, para variedades médias e tardias podem ter seu desenvolvimento e produção limitado pelo déficit de água no solo. O Triângulo Crajubar possui aptidão agroclimática inapta para o cultivo de milho em função da deficiência hídrica muito severa, tornando inviável o cultivo do milho.

Verifica-se que nesta região a deficiência hídrica que ocorre de maio a dezembro é o principal fator limitante ao desenvolvimento e produtividade das culturas. Esses resultados corroboram com Medeiros *et al*. (2015) os quais relatam que a exploração das culturas nesta região é limitada pelo déficit de água no solo. Para contornar este problema Matos *et al*. (2015) recomendam o uso da irrigação nos meses que apresentam déficit de água no solo visando garantir o melhor desenvolvimento e produtividade das culturas.

4. CONCLUSÕES

A aptidão agroclimática do Triângulo Crajubar para o cultivo de feijão é moderada e inapta para produção de milho.

O desenvolvimento e produtividade das culturas nesta região é limitada principalmente pelo déficit de água no solo que ocorre durante oito meses do ano.

O planejamento agrícola como época de semeadura, uso de variedades precoces e irrigação das culturas é essencial para alcançar máxima produtividade.

REFERÊNCIAS

[1] ALVES, C. C. E.; BEZERRA, L. M. A.; MATIAS, A. C. C. A importância da conservação/preservação ambiental da Floresta Nacional do Araripe para a região do Cariri - Ceará/Brasil. **Geográfica de América Central**, v. 2, Número Especial EGAL, p. 1-10, 2011.

[2] ALVES, T. L. B.; AZEVEDO, P. V.; Caracterização agroclimática para a microbacia hidrográfica do Riacho Namorado, São João do Cariri-PB. XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Centro de eventos Benedito Nunes, **Anais...,** Belém – PA, 2013.

[3] ARAÚJO, S. R. D.; SILVA, P. F.; MATOS, R. M.; DANTAS NETO, J.; MELO JÚNIOR, A. P.; SABOYA, L. M. F. Balanço hídrico e aptidão climática de culturas para as mesorregiões da paraíba. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.13, n. 1, p. 3247-3261, 2019.

[4] CAVALCANTI, E. P. *et al*. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 1, p. 140-147, 2006.

[5] FRANCISCO, P. R. M.; MEDEIROS, R. M.; SANTOS, D. **Evapopluviogramas do Estado da Paraíba**. Campina Grande, 1 Ed, 2018, 136 p.

[6] FUNCEME. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, 2020. **Séries Históricas**. Disponível: http://www.funceme.br/areas/monitoramento/download-deseries-historicas. Acesso. 15 set. 2020.

[7] HONGZHANG, D.; WENKE, W.; HUI, C. D. Análise sobre as leis de mudança da evapotranspiração e seus fatores de influência em áreas áridas. Simpósio Internacional sobre Recursos Hídricos e Proteção Ambiental. **Anais...**, Xi'an, China,, p. 346-349, 2011.

[8] INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados Meteorológicos**, 2020. Disponível: https://portal.inmet.gov.br/. Acesso. 15 set. 2020.

[9] IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará, 2017. **Perfil municipal**. Fortaleza. Disponível: https://www.ipece.ce.gov.br/perfil-municipal-2017/. Acesso: 18 set. 2019.

[10] MARENGO, J. A.; SOARES, W. R.; SAULO, C.; NICOLINI, M. Climatology of the low-level Jet East of the Andes as Derived from NCEP-NCAR Reanalyses: Characteristics and Temporal Variability. **Journal of Climate**, v. 17, n. 12, p. 2261 - 2280, 2004.

[11] MATOS, R. M.; MEDEIROS, R. M.; FRANCISCO, P. R. M.; SILVA, P. F.; SANTOS, D. Caracterização e aptidão climática de culturas para o município de Alhandra - PB, Brasil. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 9, n. 3, p. 183-192, 2015.

[12] MATOS, R. M.; SILVA, J. A. S.; MEDEIROS, R. M. Aptidão climática para a cultura do feijão caupi do município de Barbalha - CE. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 8, n. 6, p. 422-431, 2014.

[13] MEDEIROS, R. M.; AZEVEDO, P. V.; SABOYA, L. M. F.; FRANCISCO, P. R. M. Classificação climática e zoneamento agroclimático para o município de Amarante - PI. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 7, n. 2, p. 170-180, 2013.

[14] MEDEIROS, R. M.; MATOS, R. M.; SILVA, P. F.; SILVA, J. A. S.; FRANCISCO, P. R. M. Caracterização climática e diagnóstico da aptidão agroclimática de culturas para Barbalha – CE. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 21, p. 461-476, 2015.

[15] OLIVEIRA JÚNIOR, A. I. *et al*. Diagnóstico de canteiros de obras situados na conurbação Crajubar no cariri cearense. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 14, n. 2, p. 135-147, 2018.

[16] OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres Ltda., 413p. 1981.

[17] SLEIMAN, J., SILVA, M. E. S. A climatologia de precipitação e a ocorrência de veranicos na porção noroeste do estado do Rio Grande do Sul. **SIMPGEO-SP**, Rio Claro, 2008.

[18] THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, v. 38, n. 1, p. 55-94, 1948.

[19] THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Centerton, N.J.: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104p. (Publications in Climatology, v. 8, n. 1).

[20] UNESCO. **Mexico City Declaration on Cultural Policies World Conference on Cultural Policies**, Mexico City, 26 July - 6 August, 1982.

www.poisson.com.br
contato@poisson.com.br

@editorapoisson

https://www.facebook.com/editorapoisson